

# **SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN  
GEDUNG SALAK TOWER HOTEL KOTA BOGOR**



disusun oleh:

Dwi Phalupy

12.21.132

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**



# **SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN  
GEDUNG SALAK TOWER HOTEL KOTA BOGOR**



disusun oleh:

Dwi Phalupy

12.21.132

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**



## LEMBAR PERSETUJUAN

### STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG SALAK TOWER HOTEL KOTA BOGOR

#### SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)

*Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun oleh:

**Dwi Phalupy**

**NIM. 12.21.132**

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

( Ir. A. Agus Santosa, MT )

( Ir. Ester Priskasari, MT )

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

( Ir. A. Agus Santosa, MT )



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**



## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG SALAK TOWER HOTEL KOTA BOGOR

#### SKRIPSI

*Dipertahankan Di hadapan Dewan Majelis Penguji Sidang Skripsi*

*Jenjang Strata Satu (S-1)*

*Pada hari : Rabu*

*Tanggal : 24 Agustus 2016*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan*

*Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun oleh:**

**DWI PHALUPY**

**NIM. 12.21.132**

**Disahkan oleh:**

**Panitia Ujian,**

**Ketua**



**( Ir. A. Agus Santosa, MT )**

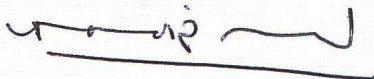
**Sekretaris**



**( Ir. Munasih, MT )**

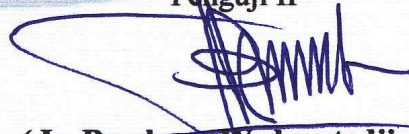
**Anggota Penguji,**

**Penguji I**



**( Ir. Sudirman Indra, M.Sc )**

**Penguji II**



**( Ir. Bambang Wedyantadji, MT )**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dwi Phalupy

Nim : 12.21.132

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Studi Perencanaan Struktur Portal dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada Pembangunan Gedung Salak Tower Hotel kota” benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian atau seluruhnya.

Malang,

Agustus 2016

Yang Membuat Pernyataan



**Dwi Phalupy**

**12.21.132**



## ABTARAKSI

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG SALAK TOWER HOTEL. Dwi Phalupy, 12.21.132.** Program studi Teknik Sipil S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing I : Ir.A. Agus Santosa, MT., Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT.

---

Indonesia merupakan wilayah negara yang berada di antara empat lempeng tektonik yang aktif, yakni tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Filipina dan lempeng pasifik. Maka dari itu, perencana gedung bertingkat khususnya di Indonesia adalah harus mampu merencanakan gedung bertingkat yang mampu menahan gaya-gaya yang ditimbulkan dari beban gempa sesuai dengan parameter gempa yang akan direncanakan

Struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan. Di Indonesia perhitungan struktur gedung bertingkat tahan gempa harus memenuhi standar peraturan terbaru yang terdapat pada dalam SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan Non gedung dan SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung kedua SNI tersebut memberikan pedoman dalam menganalisa dan mendesign bangunan beton bertulang khususnya yang menerima beban gempa. Dengan demikian pada perencanaan struktur portal tahan gempa Salak Tower Hotel Bogor digunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Mutu beton yang di gunakan ( $f_c = 35$  MPa), Mutu Baja ulir ( $f_y = 400$  MPa) , Baja polos ( $f_y = 240$ ), Struktur gedung yang di gunakan yaitu struktur portal beton bertulang.

Analisa statika pada model gedung menggunakan program bantu ETABS. Dari hasil gaya-gaya dalam yang didapat dari program bantu direncanakan dimensi balok dan kolom untuk portal beton. Maka, didapatkan dimensi balok 50/70 pada masing – masing balok tumpuan kiri dan kanan untuk tulangan tarik 8 D 25 dan tulangan tekan 7 D 25. Pada tulangan geser balok pada join kiri daerah sendi plastis  $\phi 10 - 55$  (3kaki) dan luar daerah sendi plastis  $\phi 10 - 70$  ( 3kaki ) , pada join kanan daerah sendi plastis  $\phi 10 - 55$  ( 3kaki) dan luar sendi plastis  $\phi 10 - 70$  (3kaki). Pada dimensi kolom didapatkan 100/100 dengan jumlah tulangan 44 D 32, diperoleh tulangan geser daerah sendi plastis  $\phi 12 - 100$  ( 4kaki ), tulangan geser daerah sambungan lewatan  $\phi 12 - 90$  ( 4 kaki ), tulangan geser daerah luar sendi plastis  $\phi 12 - 150$  ( 4 kaki ). Perencanaan kolom pada portal memenuhi konsep “ Strong Column Weak Beam”. Sehingga disimpulkan bahwa struktur yang di design mampu menahan gaya gempa.

Kata Kunci : Tahan gempa, sistem rangka pemikul momen, portal beton , Penulangan balok, penulangan kolom



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah hirobbil alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw. Hanya atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Proposal Skripsi yang berjudul **“STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG SALAK TOWER HOTEL KOTA BOGOR”** yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Sehubung dengan hal tersebut, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir.H.Sudirman Indra, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dan selaku dosen pembimbing skripsi.
3. Ibu Ir. Munasih, M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang Malang.
4. Ibu Ir. Ester Priskasari, M.T. selaku dosen pembimbing skripsi.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan Laporan Proposal Skripsi ini, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan.

Malang, Mei 2016

**Penulis**



# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL**

**LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI**

**ABTRAKSI**

**KATA PENGANTAR.....i**

**DAFTAR ISI.....ii**

**DAFTAR GAMBAR..... iii**

**DAFTAR TABEL ..... iii**

## **Bab I : Pendahuluan**

1.1 Latar belakang ..... 1

1.2 Identifikasi Masalah .....2

1.3 Rumusan Masalah .....3

1.4 Tujuan Masalah .....4

1.5 Lingkup Pembahasan .....4

## **Bab II : Landasan Teori**

2.1 Kajian Tori .....5

2.1.1 Pendahuluan .....5

2.1.2 Sistem Struktural Gedung ..... 7

2.2 Ketentuan Perencanaan Pembebanan.....7

2.2.1 Pembebanan.....7

2.2.2 Kombinasi Pembebanan .....8

2.2.3 Deskripsi Pembebanan .....9

2.2.3.1 Beban Mati (DL) .....9

2.2.3.2 Beban Hidup (LL) ..... 10

2.2.3.3 Beban Angin (WL)..... 10

2.2.3.4 Beban Gempa (E) ..... 11

2.3 Metode Perencanaan Struktur Gedung (SNI 1726 -2002) .....27



2.3.1	Analisa Beban Gempa Statik Ekuivalen.....	27
2.3.2	Analisa Beban Gempa Dinamik .....	28
2.4	Perencanaan Komponen Lentur pada Rangka Momen Khusus.....	29
2.4.1	Persyaratan komponen struktur rangka .....	29
2.4.2	Tulangan Longitudinal .....	30
2.4.3	Sambungan Lewat Pada Elemen Lentur.....	31
2.4.4	Panjang Penyaluran juga harus memenuhi persyaratan pasal 12.2.2 .....	29
2.4.5	Tulangan Tansversal.....	33
2.4.6	Persyaratan sengkang tertutup pada sendi plastis.....	34
2.4.7	Persyaratan Kekuatan Geser.....	34
2.5	Komponen yang Mendapatkan Beban Lentur dan Aksial .....	36
2.5.1	Persyaratan Komponen Struktur Rangka Momen Khusus .....	36
2.5.2	Kekuatan Lentur Minimum Kolom .....	37
2.5.3	Tulangan Memanjang .....	37
2.5.4	Tulangan Transversal .....	38
2.5.5	Persyaratan Kekuatan Geser.....	40
2.5.6	Perencanaan Penulangan Kolom Terhadap Lentur dan Aksial .....	42
2.6	Hubungan Balok Kolom pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....	42
2.7	Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik (Rangkap) ....	45
2.7.1	Balok T Tulangan Rangkap .....	45
2.7.2	Perencanaan Balok Terhadap Geser .....	49

### **Bab III : METODOLOGI**

3.1	Data Perencanaan .....	52
3.1.1	Data Umum Bangunan .....	52
3.1.2	Mutu Bahan yang di gunakan .....	52
3.2	Tahap Perencanaan.....	52
3.2.1	Analisa Pembebanan.....	52
3.2.2	Analisa Statika.....	53



3.2.3	Desain Beton Bertulang.....	54
3.3	Diagram Alir Perencanaan.....	55
3.4	Perataan pembebanan.....	57
3.4.1	Perataan beban.....	57
3.4.2	Perhitungan pembebanan dinding.....	62
3.5	Perencanaan dimensi balok dan kolom.....	76
3.5.1	Dimensi balok.....	76
3.5.2	Dimensi kolom.....	76
3.5.3	Dimensi plat.....	77
3.6	Perhitungan Pembebanan.....	77
3.6.1	Beban Mati (Dead Load).....	77
3.6.2	Beban Hidup (Live Load).....	77
3.6.3	Beban Gempa (Earthquake Load).....	78
3.7	Perhitungan Beban Gempa.....	93
3.7.1	Kategori Risiko Struktur Bangunan & Faktor Keutamaan.....	93
3.7.2	Parameter Percepatan Gempa (SS, S1).....	94
3.7.3	Kategori Desain Seismik (KDS).....	96
3.7.4	Spectrum Respons Design.....	99
3.7.5	Batas Perioda Fundamental Struktur.....	102
3.7.6	Pemilihan Parameter Sistem Struktur (R, Cd dan $\Omega_0$ ).....	103
3.7.7	Perhitungan Nilai Shear.....	104
3.7.8	Perhitungan Gaya Gempa Lateral (F).....	105
3.8	Simpangan Antarlantai (Story Drift) $\Delta_a$ .....	110
3.9	Kombinasi Pembebanan.....	114
3.9.1	Pengaruh Beban Gempa Vertikal.....	114
3.9.2	Kombinasi Beban yang Digunakan.....	114
3.10	Input data material ke Progam Bantu ETABS 2013.....	116
3.10.1	Material Beton.....	116
3.10.2	Perhitungan Balok T dan Balok L.....	116



## **Bab IV : PERHITUNGAN TULANGAN**

4.1	Perhitungan Penulangan Balok	
4.1.1	Perhitungan Tulangan Lentuh Balok.....	130
4.1.2	Penulangan Geser Balok.....	150
4.2	Perhitungan penulangan kolom .....	162
4.2.1	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 16 D 32 .....	162
4.2.2	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 20 D 32 .....	175
4.2.3	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 28 D 32 .....	190
4.2.4	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 32 D 32 .....	205
4.2.5	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 36 D 32 .....	221
4.2.6	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 44 D 32 .....	237
4.2.7	Perhitungan Penulangan Geser Kolom.....	261
4.2.8	Sambungan Lewatan Tulangan pada vertical kolom .....	266
4.3	Persyaratan "Strong Columns Weak Beams" .....	269
4.4	Perhitungan Pertemuan Balok kolom .....	271
4.5	Perhitungan Pendetailan Tulangan .....	276

## **Bab IV : PERHITUNGAN TULANGAN**

5.1	Kesimpulan.....	278
5.2	Saran .....	279

Daftar Pustaka

Lampiran



## DAFTAR GAMBAR

2.1	Spetrum respon desain.....	27
2.2	Penempatan tulangan pada slab.....	29
2.3	Tipikal Sambungan Lewatan (SL) .....	32
2.4	Contoh Senggang tertutup saling tumpuk dan ilustrasi batasan.....	33
2.5	Geser desain pada balok .....	36
2.6	Contoh tulangan transversal pada kolom .....	39
2.7	Geser desain pada kolom.....	42
2.8	Luas Joint efektif.....	44
2.9	Gambar diagram tegangan balok T .....	46
3.1	Nilai Parameter Percepatan .....	95
3.2	Desain Respon Spektrum .....	101
4.1	Tinjauan balok T .....	130
4.2	Lebar efektif balok T .....	131
4.3	Penampang Balok dan diagram regangan tegangan momen negative tumpuan kiri .....	133
4.4	Penampang Balok dan diagram regangan tegangan momen Positif tumpuan kiri yang sudah di hitung ulang .....	137
4.5	Penampang balok dan diagram regangan tegangan momen positif lapangan yang sudah di hitung ulang .....	140
4.6	Penampang balok dan diagram regangan tegangan momen negatif tumpuan kanan yang sudah dihitung ulang .....	143
4.7	Penampang balok dan diagram regangan tegangan momen positif tumpuan kanan yang sudah di hitung ulang .....	146
4.8	Detail panjang penulangan kait .....	149
4.9	Desain gaya geser gempa akibat goyangan gempa ke kiri.....	152
4.10	Desain gaya geser gempa akibat goyangan gempa ke kanan.....	153
4.11	Tulangan geser pada daerah sendi plastis kanan .....	155
4.12	Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kanan.....	157
4.13	Tulangan geser pada daerah sendi plastis kiri.....	158
4.14	Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kiri.....	159



4.15	Penulangan pada geser pada balok.....	160
4.16	Penulangan torsi pada balok.....	161
4.17	Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 16 D 32.....	163
4.18	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 16 D 32 .....	165
4.19	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah tarik 16 D 32 .....	168
4.20	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 16 D 32 ..	170
4.21	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 16 D 32 ..	171
4.22	Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 20 D 32.....	176
4.23	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 20 D 32 .....	179
4.24	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah tarik 20 D 32 .....	181
4.25	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 20 D 32....	184
4.26	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 20 D 32 ..	185
4.27	Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 28 D 32.....	191
4.28	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 28 D 32 .....	194
4.29	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah tarik 28 D 32 .....	197
4.30	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 28 D 32 ..	200
4.31	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 28 D 32 ..	201
4.32	Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 32 D 32.....	206
4.33	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 32 D 32 .....	209
4.34	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah tarik 32 D 32 .....	112
4.35	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 32 D 32 ..	116
4.36	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 32 D 32 ..	117
4.37	Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 36 D 32.....	222
4.38	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 36 D 32 .....	225
4.39	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah tarik 36 D 32 .....	229
4.40	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 36 D 32 ..	232
4.41	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 36 D 32 ..	233
4.42	Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 44 D 32.....	238
4.43	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 44 D 32 .....	246
4.44	Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah tarik 44 D 32 .....	250
4.45	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 44 D 32 ..	254
4.46	Diagram tegangan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 44 D 32 ..	255



4.47	Diagram Interaksi Kolom.....	260
4.48	Tulangan geser pada daerah sendi plastis kolom .....	265
4.49	Tulangan geser pada daerah lura sendi plastis kolom .....	266
4.50	Tulangan geser pada daerah sambungan lewatan tulangan vertika kolom .....	268
4.51	Detail Penulangan Longitudinal dan Transversal Kolom C17.....	270
4.52	Analisa geser dari hubungan balok kolom (Joint 17) .....	271
4.53	Luas efektif ( $A_j$ ) untuk HBK.....	272
4.54	Penulangan Hubungan Balok Kolom (Joint 17) .....	275
4.55	Pendetailan Tulangan Joint 17 .....	278



## DAFTAR TABEL

2.1	Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa.....	12
2.2	Faktor Keutamaan gempa $I_e$ .....	16
2.3	Kategori desain seismic Parameter Respons Percepatan pada perioda Pendek .....	16
2.4	Kategori desain seismic Parameter Respons Percepatan pada perioda 1 detik.....	16
2.5	Prosedur Analisis yang boleh di gunakan .....	17
2.6	Faktor $R^a$ , $\Omega_0^g$ , $C_d^b$ untuk sistem penahan gaya gempa.....	19
2.7	Klasifikasi Situs .....	23
2.8	Koefisien situs, $F_a$ .....	24
2.9	Koefisien situs, $F_v$ .....	25
3.1	Perataan pembebanan.....	63
3.2	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa .....	93
3.3	Faktor Keutamaan Gempa .....	94
3.4	Klasifikasi Kelas Situs Tanah .....	96
3.5	Koefisien Situs $F_a$ .....	97
3.6	Koefisien Situs $F_v$ .....	98
3.7	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek.....	99
5.3	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik .....	99
3.9	Nilai $S_a$ untuk $T < T_0$ .....	100
3.10	Nilai $S_a$ untuk $T_s < T < 1.0$ .....	101
3.11	Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung .....	102
3.12	Nilai Parameter Perioda Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	102
3.13	Faktor $R$ , $C_d$ dan $\Omega_0$ untuk sistem penahan gaya gempa .....	103
3.14	Faktor Distribusi Vertikal .....	107
3.15	Gaya Gempa Lateral Per lantai .....	108
3.16	Reduksi Gempa orthogonal .....	109



3.17 Perhitungan Story Drift kinerja batas ultimit arah x .....	111
3.18 Perhitungan Story Drift kinerja batas ultimit arah y .....	112
4.1 Diagram Interaksi kolom 16 D 32 .....	174
4.2 Diagram Interaksi kolom 20 D 32 .....	188
4.3 Diagram Interaksi kolom 28 D 32 .....	204
4.4 Diagram Interaksi kolom 32 D 32 .....	220
4.5 Diagram Interaksi kolom 36 D 32 .....	237



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan wilayah negara yang berada di antara empat lempeng tektonik yang aktif, yakni tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Filipina dan lempeng pasifik. Maka dari itu, perencanaan gedung bertingkat khususnya di Indonesia adalah harus mampu merencanakan gedung bertingkat yang mampu menahan gaya-gaya yang ditimbulkan dari beban gempa sesuai dengan parameter gempa yang akan direncanakan.

Perencanaan struktur harus sedetail mungkin sehingga bangunan yang direncanakan mampu menyumbangkan kekuatan terhadap gempa. Gedung gedung yang memiliki ketahanan terhadap gempa dapat direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Pada penulisan tugas akhir ini penulis akan menganalisa perhitungan balok dan kolom dengan Sitem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) pada gedung Salak Tower Hotel yang beralamat di jalan Pajajaran Kota Bogor. Sehingga pada perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat ini mampu menahan gaya-gaya akibat gempa, dengan judul “STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PADA GEDUNG SALAK TOWER HOTEL KOTA BOGOR DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS”.

Dengan Pedoman Standar Nasional Indonesia ini, diharapkan struktur mampu bertahan dari beban gravitasi dan beban gempa tanpa mengalami



kegagalan struktur. Dan apabila terjadi kegagalan struktur, kegagalan yang pertama kali terjadi adalah pada struktur balok sehingga dapat memberikan tanda dan waktu bagi penghuni gedung untuk menyelamatkan diri sebelum kegagalan kolom terjadi. Hal ini mengacu pada filosofi sebuah struktur yaitu kolom kuat, balok lemah.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Pada pembangunan gedung Salak Tower Hotel Kota Bogor, struktur yang direncanakan harus menjamin struktur tidak mengalami kerusakan pada waktu mengalami keruntuhan yang fatal akibat gempa kuat.

Menurut SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung. Kota Bogor termasuk dalam wilayah gempa Zona 4, dengan demikian dalam studi ini akan dibahas mengenai perencanaan Gedung Salak Tower Hotel Kota Bogor dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) dan merencanakan gedung dengan sistem struktur penahan gaya kuat sesuai dengan SNI 03-2847-2013 tentang persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, yang direncanakan sedemikian rupa sehingga struktur mampu memikul gaya yang disebabkan oleh beban gempa. Kedua SNI ini merupakan dasar utama dalam perencanaan struktur dengan sistem struktur penahan gaya kuat. Peraturan pembebanan yang digunakan adalah SNI 1727-2013.

Dengan pedoman standar Nasional Indonesia ini, diharapkan struktur mampu bertahan dari beban gravitasi dan beban gempa tanpa mengalami



kegagalan struktur. Dan apabila terjadi kegagalan struktur, kegagalan pertama kali terjadi adalah pada struktur balok sehingga dapat memberikan tanda dan waktu bagi penghuni gedung untuk menyelamatkan diri sebelum kegagalan kolom terjadi. Hal ini mengacu pada filosofi sebuah struktur yaitu kolom kuat, balok lemah

### **1.3 Rumusan Masalah**

Dengan studi ini akan dibahas mengenai cara-cara perencanaan gedung Bogor dengan menggunakan sistem rangka pemikul khusus yang mampu memikul beban gempa rencana sesuai dengan kategori desain khusus yang direncanakan.

Dari uraian diatas, diambil suatu rumusan masalah, antara lain:

1. Berapakah dimensi balok dan kolom yang diperlukan agar mampu memikul beban gempa rencana?
2. Berapakah jumlah tulangan yang diperlukan kolom dan balok agar mampu memikul beban gempa rencana?
3. Berapakah jumlah tulangan yang diperlukan pada hubungan balok dan kolom?
4. Bagaimana Simpangan yang terjadi?
5. Bagaimana gambar detail gambar tulangan dan HBK pada Gedung?



#### **1.4 Tujuan Masalah**

Tujuan dari analisa ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung dimensi balok dan kolom yang diperlukan agar mampu memikul beban gempa rencana.
2. Menghitung jumlah tulangan yang diperlukan kolom dan balok agar mampu memikul beban gempa rencana.
3. Menghitung jumlah tulangan yang diperlukan pada hubungan balok kolom.
4. Menghitung Kontrol Simpangan.
5. Mengetahui gambar detail gambar tulangan dan HBK Gedung.

#### **1.5 Lingkup Pembahasan**

Bahasan yang akan dibahas pada studi perencanaan struktur pada gedung, meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Perencanaan Struktur Meliputi balok dan kolom
2. Pendimensian balok dan kolom.
3. Perhitungan tulangan balok dan kolom.
4. Perhitungan tulangan hubungan balok dan kolom.
5. Pendetailan penulangan Kolom dan Balok.



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Kajian Teori**

##### **2.1.1 Pendahuluan**

Bangunan tahan gempa adalah suatu bangunan yang direncanakan untuk tahan dan tetap berdiri jika terjadi gempa yang besar terdapat kerusakan pada beberapa bagian bangunan tetapi tidak boleh kerusakan yang fatal seperti keruntuhan, sesuai falsafah perencanaan gedung tahan gempa. Perencanaan struktur gedung pada daerah gempa harus memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

- Pada gempa kecil bangunan tidak boleh mengalami kerusakan.
- Pada gempa menengah komponen structural tidak boleh rusak, namun bangunan non-struktural diijinkan mengalami kerusakan.
- Pada gempa kuat komponenen struktural boleh mengalami kerusakan, namun bangunan tidak boleh mengalami keruntuhan.

(SNI 1726-2002)

Sifat khusus dari struktur yang menjadi syarat utama perencanaan bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut:

##### **1. Kekuatan (Strength)**

Kekuatan dapat kita artikan sebagai ketahanan dari struktur atau komponen struktur bahan yang digunakan terhadap beban yang



membebaninya kekuatan suatu struktur tergantung pada maksud dan kegunaan struktur tersebut.

## 2. Kekakuan (Stiffness)

Deformasi akibat gaya lateral perlu dihitung dan dikontrol. Perhitungan yang dilakukan berhubungan dengan sifat kekakuan. Deformasi pada struktur dipengaruhi oleh besarnya beban yang bekerja. Hubungan ini merupakan prinsip dasar dari mekanika struktur, yaitu sifat geometri dan modulus elastisitas beban. Kekakuan mempengaruhi besarnya simpangan pada saat terjadi gempa

## 3. Daktilitas

Kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak balik akibat beban gempa menyebabkan terjadinya pelelehan pertama. Sambil mempertahankan kekakuan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

Simpangan (drift) dapat diartikan sebagai perpindahan lateral relative antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendarat tiap-tiap tingkat bangunan.

Simpangan lateral dari sistem struktur akibat beban gempa perlu ditinjau untuk menjamin kestabilan struktur, keutuhan secara arsitektural, potensi kerusakan komponen non-struktur, dan kenyamanan penghuni gedung pada saat terjadi gempa. Selain itu, besarnya simpangan dibatasi untuk mengurangi



efek P-delta. Besarnya simpangan diperbolehkan diatur dalam peraturan perencanaan bangunan

### **2.1.2 Sistem Struktural Gedung**

Sistem struktur penahan Gaya seismic secara umum dapat dibedakan atas ada 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yaitu:

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan pasal-pasal SNI 2847-2013. Sistem rangka ini ditetapkan sebagai sistem kategori desain seismic B dan harus memenuhi pasal 21.2.
- b. Sistem Rangka Pemikul Menengah (SRPMM), suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan –ketentuan detail yang ketat SNI 2847-2013 yang terdapat pada pasal 21.3.
- c. Sistem Rangka Pemikul Khusus (SRPMK), Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga ketentuan-ketentuan detailing yang ketat sesuai dengan SNI 2847-2013 yang terdapat pada pasal 21.5 pasal 21.8

## **2.2 Ketentuan Perencanaan Pembebanan**

Perencanaan pembebanan ini digunakan beberapa acuan standar sebagai berikut:

- 1) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013);



- 2) Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2012);
- 3) Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (SNI 1726-2002);
- 4) Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG-1983);
- 5) Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013).

### **2.2.1 Pembebanan**

Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut:

1. Beban Mati (Dead Load), dinyatakan dengan lambang DL;
2. Beban Hidup (Live Load), dinyatakan dengan lambang LL;
3. Beban Angin (Wind Load), dinyatakan dengan lambang W.
4. Beban Gempa (Earthquake Load), dinyatakan dengan lambang E.

### **2.2.2. Kombinasi Pembebanan**

Sesuai dengan ketentuan yang tertera dalam SNI 2847-2013 pasal 9 dan SNI 1727-2013 pasal 2 disebutkan agar struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung untuk beban dan gaya terfaktor dalam kombinasi sedemikian rupa seperti yang ditetapkan.

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6L (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$

- $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$
- $U = 0,9D + 1,0W$
- $U = 0,9D + 1,0E$

Dimana:

$U$  = Kombinasi pembebanan

$D$  = Beban mati

$L$  = Beban hidup

$L_r$  = Beban atap

$R$  = Beban hujan

$W$  = Beban angin

$E$  = Beban gempa

### 2.2.3 Deskripsi Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan ini adalah sebagai berikut:

#### 2.2.3.1 Beban Mati (DL)

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi structural menahan beban. Beban dari berat sendiri elemen-elemen tersebut diantaranya sebagai berikut:

- Beton =  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Spesi per cm tebal =  $21 \text{ kg/m}^2$
- Tegel per cm tebal =  $24 \text{ kg/m}^2$



- Plafond + Penggantung =  $18 \text{ kg/m}^2$
- Pasangan bata merah setengah batu =  $1700 \text{ Kg/m}^2$

#### **2.2.3.2 Beban Hidup (LL)**

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian suatu gedung, termasuk pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah atau beban akibat air hujan pada atap. Pada PPIUG 1983 beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut:

##### **a) Beban Hidup pada Lantai Gedung**

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar  $250 \text{ kN/m}^2$

##### **b) Beban Hidup pada Atap Gedung**

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar  $100 \text{ kN/m}^2$ .

##### **c) Beban Hidup Parkir**

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$ .

#### **2.2.3.3 Beban Angin (WL)**

Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung dari lokasi dan ketinggian dari struktur. Besarnya tekanan tiup harus diambil minimum sebesar  $25 \text{ kg/m}^2$ , kecuali untuk bangunan-bangunan berikut:

1. Tekanan tiap di tepi laut hingga 5 km dari pantai harus diambil minimum  $40 \text{ kg/m}^2$ .
2. Untuk bangunan didaerah lain yang kemungkinan tekan tuipnya lebih dari  $40 \text{ kg/m}^2$ , harus diambil sebesar  $p = V^2/16 \text{ (kg/m}^2\text{)}$ , dengan V adalah kecepatan angin dalam m/s.
3. Untuk cerobong, tekanan tiup dalam  $\text{kg/m}^2$  harus ditentukan dengan rumus  $(42,5 + 0,6h)$  dengan h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter (m). Nilai tekanan tiup yang diperoleh dari hitungan diatas harus dikalikan dengan suatu koefisien angin, untuk mendapatkan gaya resultan yang bekerja pada bidang kontak tersebut.

#### **2.2.3.4 Beban Gempa (E)**

Beban gempa adalah semua beban yang ditimbulkan dari gerakan lapisan bumi ke arah horisontal dan vertikal, dimana gerakan vertikalnya lebih kecil dari gerakan horisontalnya.

##### **1. Arah Pembebanan Gempa**

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarangan terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektivitas 30%.

##### **2. Prosedur Analisis**



Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.6, prosedur analisis yang digunakan seperti pada tabel 2.5. prosedur analisis yang digunakan terkait dengan berbagai parameter struktur bangunan tersebut, yaitu:

- Parameter keutamaan bangunan berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012 dan dapat dilihat pada Tabel 2.1.
- Parameter faktor keutamaan gempa berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012 dan dapat dilihat pada Tabel 2.2.
- Kategori desain seismik berdasarkan parameter percepatan respon spektra pada periode 1 detik ( $S_I$ ) dan parameter percepatan respon spektra pada periode pendek ( $S_S$ ) berdasarkan SNI pasal 6.3 SNI 1726-2012 dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

**Tabel 2.1 Kategori risiko untuk bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa**

<b>Jenis pemanfaatan</b>	<b>Kategori risiko</b>
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV,termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<b>Jenis pemanfaatan</b>	<b>Kategori risiko</b>
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> </ul>	III



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk,tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan,penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
---	--

Jenis pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental.</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan.</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat.</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat.</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya.</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat.</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat.</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</li> <li>- Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</li> </ul>	IV

*Sumber : SNI-1726-2012*



**Tabel 2.2 Faktor Keutamaan gempa  $I_e$**

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI-1726-2012

**Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons  
percepatan pada perioda pendek.**

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI-1726-2012

**Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons  
percepatan pada perioda 1 detik.**

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI-1726-2012

**Tabel 2.5 Prosedur analisis yang boleh digunakan**

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen pasal 7.8	Analisis spektrum Respon ragam pasal 7.9	Prosedur riwayat respon seismik
B,C	Bangunan dengan kategori risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan kategori risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Semua struktur lainnya.	I	I	I
D,E,F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I

Bangunan lainnya dengan kategori risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan.	I	I	I
Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakaturan horisontal tipe 2,3,4, atau 5 dari tabel 10 atau ketidakaturan vertikal tipe 4, 5a, atau 5b dari tabel 11.	I	I	I
Semua struktur lainnya.	TI	I	I

Catatan, I: diijinkan, TI: tidak diijinkan

Sumber : SNI-1726-2012

### 3. Struktur Penahan Gaya Seismik

Sistem penahan gaya seismik lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang telah ditetapkan pada SNI 1726-2012 pasal 7.2. Setiap tipe dibagi-bagi berdasarkan tipe elemen vertikal



yang digunakan untuk menahan gaya seismik lateral. Setiap sistem penahan gaya seismik yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang telah ditetapkan. Berdasarkan SNI 1726- 2012 pasal 7.2, sistem struktur gaya seismik ditentukan oleh parameter berikut:

- Faktor koefisien modifikasi respon (R)
- Faktor kuat lebih sistem ( $C_d$ )
- Faktor pembesaran defleksi ( $\Omega_0$ )
- Faktor batasan tinggi sistem struktur

Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.6

**Tabel 2.6 Faktor  $R^a$ ,  $\Omega_0^g$ ,  $C_d^b$  untuk sistem penahan gaya gempa**

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons,	Faktor kuat lebih	Faktor pembes-aran	Batasan sistem struktur dan				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
24. Dinding rangka ringan dengan paralel geser dari	2 <sup>1/2</sup>	2 <sup>1/2</sup>	2 <sup>1/2</sup>	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap	8	2 <sup>1/2</sup>	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5 <sup>1/2</sup>	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4 <sup>1/2</sup>	3	4	TB	TB	10 <sup>h,i</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3 <sup>1/2</sup>	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 <sup>1/2</sup>	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen	8	3	5 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen	5	3	4 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial	6	3	5 <sup>1/2</sup>	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen	3	3	2 <sup>1/2</sup>	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus	3 <sup>1/2</sup>	3 <sup>o</sup>	3 <sup>1/2</sup>	10	10	10	10	10

<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit</b>								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2 <sup>1/2</sup>	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2 <sup>1/2</sup>	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing	8	2 <sup>1/2</sup>	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing	6	2 <sup>1/2</sup>	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7 <sup>1/2</sup>	2 <sup>1/2</sup>	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2 <sup>1/2</sup>	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2 <sup>1/2</sup>	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5 <sup>1/2</sup>	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap	8	2 <sup>1/2</sup>	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2 <sup>1/2</sup>	6 <sup>1/2</sup>	TB	TB	TB	TB	TB
<b>E. Sistem ganda dengan rangka pemikul menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya</b>								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2 <sup>1/2</sup>	5	TB	TB	10	TI	TI <sup>h,k</sup>
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6 <sup>1/2</sup>	2 <sup>1/2</sup>	5	TB	TB	48	30	30

Sumber : SNI-1726-2012

#### 4. Perhitungan Koefisien Respons Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1, perhitungan koefisien respon seismik ( $C_s$ ) harus ditentukan sesuai dengan rumus:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Dimana:

$S_{DS}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam periode pendek.

$R$  = faktor modifikasi respon berdasarkan Tabel 2.6

$I$  = faktor keutamaan gempa berdasarkan Tabel 2.2

Nilai  $C_s$  yang dapat dihitung pada persamaan di atas tidak perlu melebihi nilai berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Nilai  $C_s$  yang dihitung tidak kurang dari nilai berikut ini.

$$C_s = 0,044 S_{DS} I \geq 0,01$$

Sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana  $S_I$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g maka  $C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Dimana:

$S_{D1}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam periode 1 detik.

$S_I$  = parameter percepatan spektrum respons desain yang ditetapkan.

$T$  = periode struktur dasar (detik)

## 5. Respon Spektra

Merupakan konsep pendekatan yang digunakan untuk keperluan perancangan bangunan. Definisi respons spektra adalah respon maksimum dari suatu sistem struktur *Single Degree of Freedom (SDOF)* baik percepatan (a), kecepatan (v), dan perpindahan (a) dengan struktur tersebut dibebani oleh gaya luar tertentu. Kurva respons spektra akan memperlihatkan simpangan



relatif maksimum ( $S_d$ ), kecepatan relatif maksimum ( $S_v$ ), dan perpindahan total maksimum ( $S_a$ ). Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.3, respons spektra desain harus ditentukan dan dibuat terlebih dahulu berdasarkan data-data yang ada. Data-data yang dibutuhkan antara lain:

- Parameter percepatan batuan dasar

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_I$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektra percepatan 2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik seperti pada Gambar 2.1 dan 2.2 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

- Parameter kelas situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE dan SF berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 5.3 dapat dilihat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7 Klasifikasi situs**

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	$< 175$ Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math>,</li> <li>3. Kuat geser niralis <math>\bar{s}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> </ul> Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

**CATATAN:** N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : SNI-1726-2012

- Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget ( $MCE_R$ ). Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.2, faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang

disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs harus ditentukan dengan rumus berikut.

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{MS} = F_v S_I$$

Dimana:

$S_s$  = parameter respon spektra percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek.

$S_I$  = parameter respon spektra percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1 detik.

Koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  ditentukan berdasarkan Tabel 2.8 dan Tabel 2.9.

**Tabel 2.8 Koefisien situs,  $F_a$**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek $T=0.2$ detik $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

Sumber : SNI-1726-2012



**Tabel 2.9 Koefisien situs,  $F_v$**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_I$				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

Sumber : SNI-1726-2012

Catatan:

- Nilai-nilai  $F_a$  maupun  $F_v$  yang tidak terdapat pada tabel dapat dilakukan proses interpolasi linier.
- SS merupakan situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis situs spesifik.

- Parameter percepatan spektra desain

Parameter percepatan spektra desain untuk periode pendek ( $SDS$ ) dan periode 1 detik ( $SDI$ ) harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI}$$

$$T_S = \frac{S_{DI}}{S_{DS}}$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{DI}}{S_{DS}}$$

Dimana:

$S_{DS}$  = parameter respons spektra percepatan desain pada periode pendek

$S_{DI}$  = parameter respons spektra percepatan desain pada periode 1 detik

- Prosedur pembuatan respons spektra desain

Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$$

Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$

Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dimana:

$S_{DS}$  = parameter respons spektra percepatan desain pada periode pendek

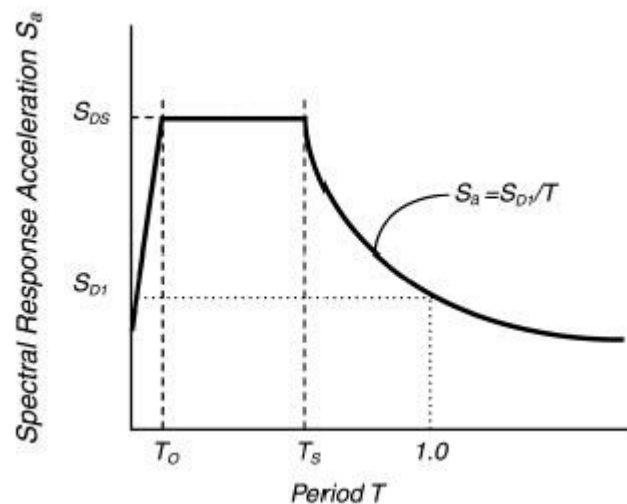
$S_{DI}$  = parameter respons spektra percepatan desain pada periode 1 detik

$T$  = periode getar fundamental struktur

Untuk nilai  $T_0$  dan  $T_s$  dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



**Gambar 2.1 Spetrum respon desain**

## 6. Gaya Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012, geser dasar seismik ( $V$ ) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$V = C_s W_t$$

Dimana:

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W_t$  = berat total gedung

## 2.3 Metode Perencanaan Struktur Gedung (SNI 1726 -2002)

### 2.3.1 Analisa Beban Gempa Statik Ekuivalen

- 1) Gempa Rencana didasarkan pada kala ulang gempa 500 tahun dengan probabilitas 10%



2) Wilayah gempa (*lihat Tabel dan Peta*)

3) Struktur bangunan gedung beraturan

- Tinggi struktur gedung maks 10 tingkat (atau 40 meter)
- Denah gedung seragam dan bentuk persegi panjang

Dengan syarat :

Tanpa tonjolan, maks 25% dari dimensi arah tonjolan tersebut.

Tanpa coakan sudut, maks 15 % dari dimensi sisi gedung.

- Bentuk portal seragam tiap tingkat, tidak ada loncatan bidang muka, min 75% dari dimensi terbesar denah struktur dibawahnya
- Kekauan lateral seragam tiap tingkat
- Berat lantai seragam
- Struktur memiliki sistem penahan beban lateral beban lateral yang menerus (kolom, dinding geser, vertikal outrigger), dan arahnya tegak lurus dan sejajar sumbu utama denah gedung
- Sistem lantai menerus, tanpa bukaan/lobang  
Maks 50% luas seluruh lantai tingkat, atau  
Maks 20% dari jumlah lantai tingkat keseluruhan

4) Beban gempa pada dasar gedung :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_1$$

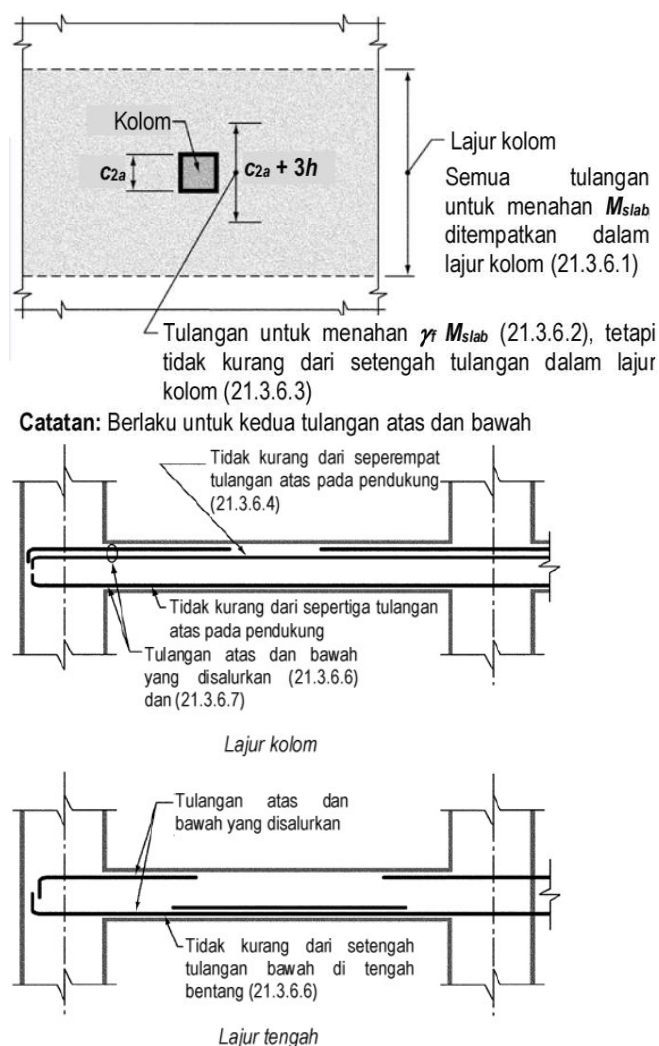
### 2.3.2 Analisa Beban Gempa Dinamik

- 1) Analisa ragam spectrum respon
- 2) Analisa respon dinamik riwayat waktu

## 2.4 Perencanaan Komponen Lentur pada Rangka Momen Khusus

### 2.4.1 Persyaratan komponen struktur rangka

Dalam SNI 2847-2013 pasal 21.5.1 untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur harus memenuhi kondisi-kondisi berikut:



**Gambar 2.2 Penempatan tulangan pada slab**

1. Gaya tekan aksial terfaktor  $P_u \leq A_g \cdot f'_c / 10$
2. Bentang bersih untuk komponen struktur,  $\ell_n$ , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektif.
3. Lebar komponen,  $b_w$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari  $0,3h$  dan 250 mm.
4. Lebar komponen struktur,  $b_w$ , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu,  $c_2$ , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari lebar struktur penumpu,  $c_2$ , dan 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu.

dimana:

$A_g$  = luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )

$c_2$  = dimensi kolom persegi (mm)

$b_w$  = lebar badan (mm)

$h$  = tinggi total komponen struktur (mm)

#### 2.4.2 Tulangan Longitudinal

Persyaratan penulangan untuk komponen lentur pada SRPMK menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.1 dan pasal 21.5.2.2 adalah sebagai berikut:

- a. Tulangan minimal baik atas maupun bawah sedikitnya harus:

$$\frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d \text{ dan } \frac{1,4b_w \cdot d}{f_y}$$

- b. Rasio tulangan  $\rho \leq 0,025$

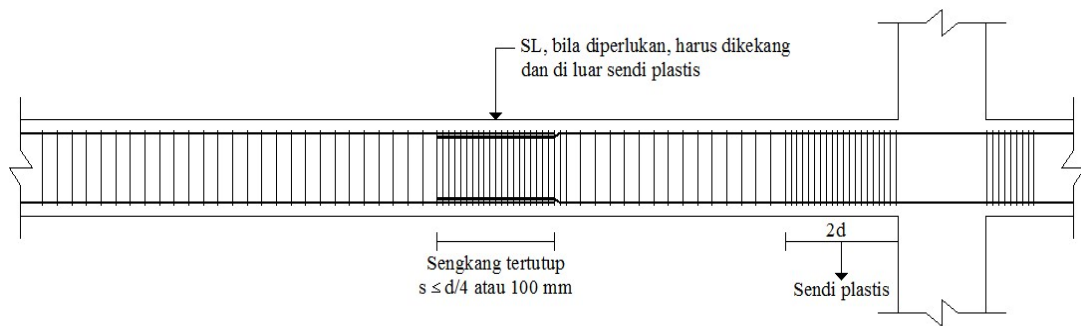


- c. Kekuatan momen positif pada muka joint  $\geq \frac{1}{2}$  kuat momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.
- d. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.
- e. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint tersebut.

#### **2.4.3 Sambungan Lewatan Pada Elemen Lentur**

Sementara untuk sambungan lewatan (SL) harus diletakkan di luar daerah sendi plastis. Bila dipakai SL, maka sambungan itu harus didesain sebagai SL tarik dan harus dikekang sebaik-baiknya. Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.3 persyaratannya adalah:

- a. SL tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan.
- b. Spasi tulangan transversal  $\leq d/4$  atau 100 mm
- c. SL tidak boleh digunakan dalam joint, dalam jarak  $2d$  dari muka joint, di lokasi kemungkinan terjadi sendi plastis dan daerah momen maksimum.



**Gambar 2.3 Tipikal Sambungan Lewatan (SL)**

#### **2.4.4 Panjang Penyaluran juga harus memenuhi persyaratan pasal 12.2.2**

Dalam desain ini akan dicari jarak penghentian tulangan lentur dari muka kolom sejarak  $\ell_d$ . Agar diperoleh panjang penghentian terbesar. Panjang penyaluran  $\ell_d$  dalam kondisi tarik pada SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 dihitung dengan rumus:

$$\left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

Dimana:

$\psi_t$ ,  $\psi_e$ ,  $\lambda$  diambil dari tabel SNI 2847-2013 113.

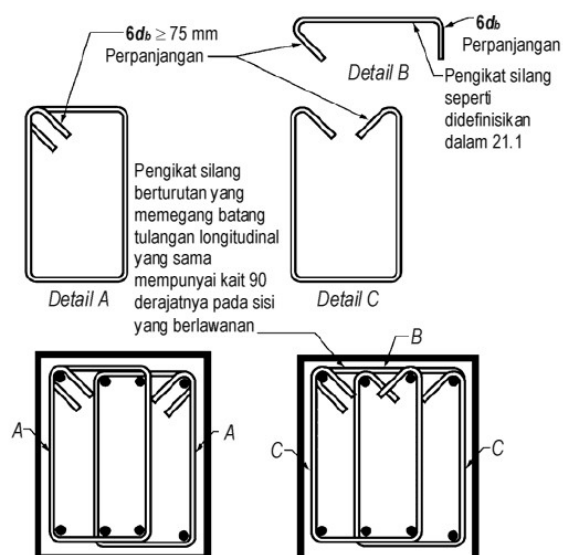
#### **Penyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan.**

1. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan,  $\ell_d$  harus ditentukan dari 12.3.2 dan faktor modifikasi yang sesuai dari 12.3.3, tetapi  $\ell_d$  tidak boleh kurang dari 200 mm.
2. Untuk tulangan batang tulangan ulir dan kawat,  $\ell_d$  harus diambil sebesar yang terbesar dari  $(0,24 f_y / \lambda \sqrt{f'_c}) d_b$  dan  $(0,043 f_y) d_b$ , dengan  $\lambda$  seperti yang diberikan dalam 12.2.4(d) dan konstanta 0,043 mempunyai satuan  $\text{mm}^2/\text{N}$ .

3. Panjang  $l_d$  dalam 12.3.2 diizinkan untuk dikalikan dengan faktor yang sesuai untuk:
  - a. Tulangan yang melebihi dari yang diperlukan oleh analisis.....( $A_s \text{ perlu } )/(A_s \text{ terpasang})$ ).
  - b. Tulangan dilingkupi tulangan spiral tidak kurang dari diameter 6 mm dan tidak lebih dari spasi 100 mm atau dalam pengikat berdiameter 13 yang memenuhi 7.10.5 dan berspasi pusat-ke-pusat tidak lebih dari 100 mm.....(0,75).

#### 2.4.5 Tulangan Transversal

Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka berikut:



**Gambar 2.4 Contoh-contoh sengkang tertutup saling tumpang dan ilustrasi batasan pada spasi horizontal maximum batang tulangan longitudinal yang ditumpu.**

- (a) Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur.
- (b) Sepanjang panjang-panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka.

#### **2.4.6 Persyaratan-persyaratan sengkang tertutup pada daerah sendi plastis**

1. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu.
2. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari  $d/4$ , enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal
3. Spasi sengkang tidak boleh melebihi 150 mm
4. Spasi batang tulangan lentur yang tertumpu secara transversal tidak boleh melebihi 350 mm.
5. Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, kedua ujung harus dispasikan tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang komponen struktur.

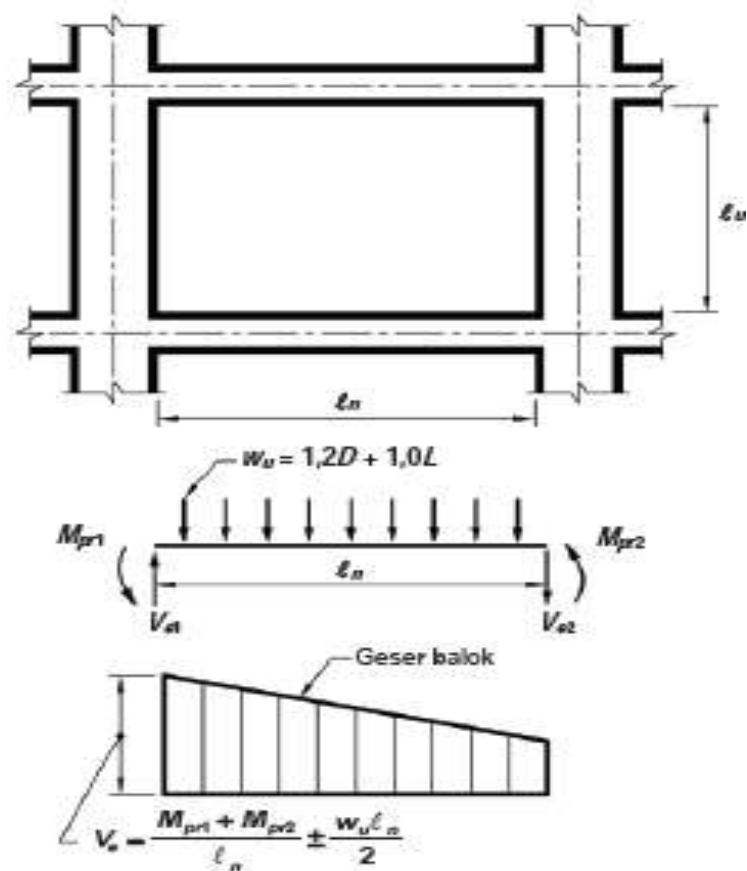
#### **2.3.7 Persyaratan Kekuatan Geser**

1. Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Harus



diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada muka-muka joint dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya (Gambar 2.7).

2. Tulangan transversal sepanjang panjang yang diidentifikasi dalam pasal 21.5.3.1 harus diproporsikan untuk menahan geser dengan dengan mengasumsikan  $V_c = 0$ , apabila keduanya terjadi:
  - a. Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan 21.5.4.1 mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut.
  - b. Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f_c' / 20$ .



**Gambar 2.5 Geser desain pada balok**

## **2.5 Komponen yang Mendapatkan Beban Lentur dan Aksial**

### **2.5.1 Persyaratan Komponen Struktur Rangka Momen Khusus**

Komponen rangka yang termasuk dalam klasifikasi komponen struktur yang terkena beban lentur dan aksial dalam SRPMK harus memenuhi persyaratan (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1) sebagai berikut:

1. Beban aksial tekan terfaktor  $\geq A_g \cdot f_c' / 10$ .
2. Dimensi terkecil penampang  $\geq 300$  mm.
3. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus  $\geq 0,4$ .

### 2.5.2 Kekuatan Lentur Minimum Kolom

Pasal 21.6.2 SNI 2847-2013 Kekuatan lentur kolom harus memenuhi pers 21-1

$$\Sigma M_{nc} \geq (1.2) \Sigma M_{nb} \quad (\text{pers 21-1})$$

$M_{nc}$  = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka kedalam joint yang dievaluasi dimuka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$M_{nb}$  = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka kedalam joint yang dievaluasi dimuka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, bilamana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen dimuka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif yang mendefinisikan dalam 8.12 harus diasumsikan menyumbang kepada  $M_{nb}$  jika tulangan slab disalurkan pada penampang kritis untuk lentur.

### 2.5.3 Tulangan Memanjang

Persyaratan tulangan memanjang dijelaskan dalam SNI 2847:2013 pasal 21.6.3 yaitu:

- a) Luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,06A_g$ .
- b) Pada kolom dengan sengkang tertutup bulat, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6.

- c) Sambungan mekanis harus memenuhi 21.1.6 dan sambungan las harus memenuhi 21.1.7. Sambungan lewatan diizinkan hanya dalam setengah pusat panjang komponen struktur, harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik, dan harus dilingkupi dalam tulangan transversal yang memenuhi 21.6.4.2 dan 21.6.4.3.

#### 2.5.4 Tulangan Transversal

Tulangan transversal yang disyaratkan dalam 21.6.4.2 sampai 21.6.4.4 harus dipasang sepanjang panjang  $\ell_0$  dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelatis rangka. Panjang  $\ell_0$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari (a),(b),dan (c):

- (a) Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi.
- (b) 1/6 bentang bersih komponen struktur dan
- (c) 450mm.

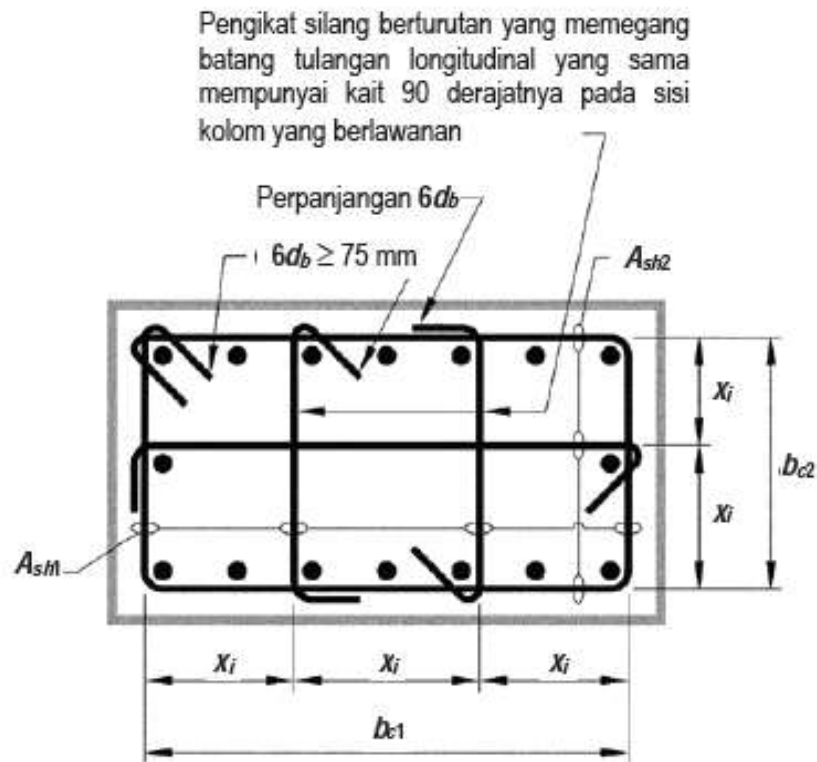
Spasi tulangan transversal sepanjang panjang  $\ell_0$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a).(b),dan (c):

- (a)  $\frac{1}{4}$  dimensi komponen struktur minimum.
- (b) 6 kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil dan
- (c)  $S_{01}$  seperti didefinisikan oleh pers 21-2

$$s_o = 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right)$$



Nilai  $s_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100mm.



Dimensi  $x_i$  dari garis pusat ke garis pusat kaki-kaki pengikat tidak melebihi 350 mm. Rumus  $h_x$  yang digunakan dalam persamaan 21-2 diambil sebagai nilai terbesar dari  $x_i$ .

### Gambar 2.6 Contoh tulangan transversal pada kolom

Jumlah tulangan transversal yang disyaratkan dalam (a) atau (b) harus disediakan kecuali bila jumlah yang lebih besar disyaratkan oleh pasal 21.6.5.

- (a) Rasio tulangan spiral atau sengkang bulat  $\rho_s$  tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh pers.(21-3)

$$\rho_s = 0,12 \left( \frac{f'_c}{f_{yt}} \right)$$

Dan tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh pers. (10-5).

- (b) Luas penampang total tulangan sengkang persegi  $A_{sh}$  tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh pers. (21-4) dan (21-5)

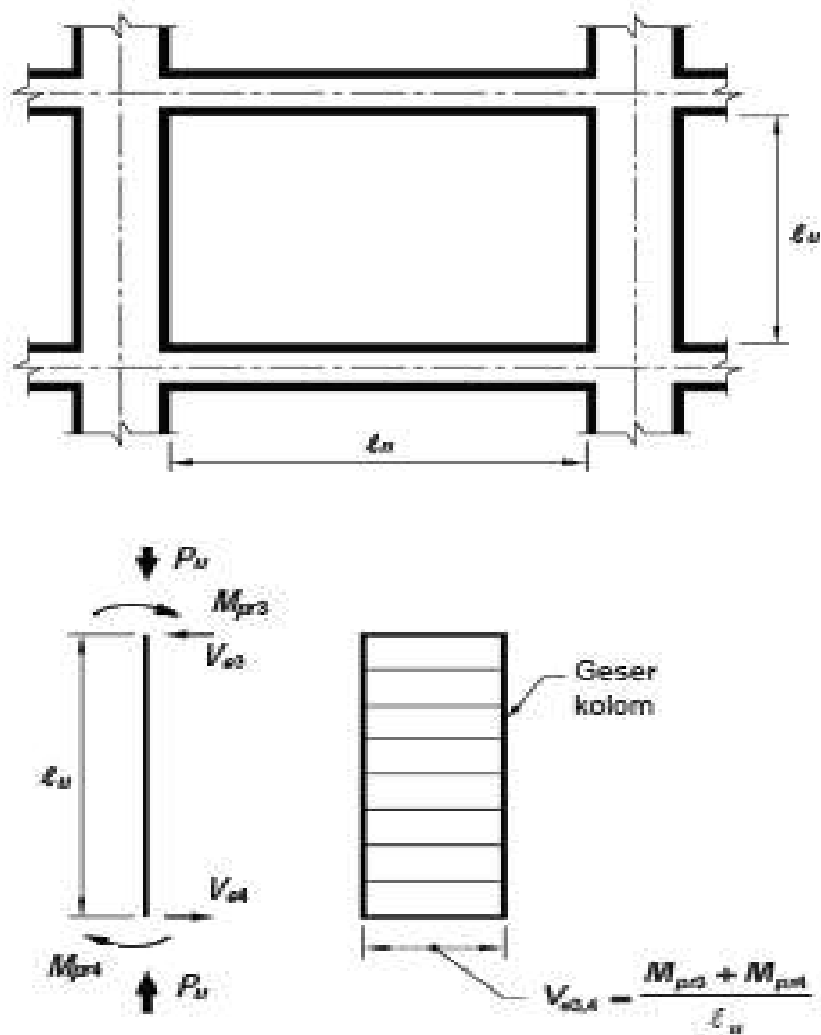
$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

### 2.5.5 Persyaratan Kekuatan Geser

1. Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan terha dap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan joint di setiap ujung komponen struktur . Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin,  $M_{pr}$ , di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor,  $P_u$ , yang bekerja pada komponen struktur. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada  $M_{pr}$  komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint. Dalam semua kasus  $V_e$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.
2. Tulangan transversal sepanjang panjang yang diidentifikasi dalam pasal 21.6.4.1 harus diproporsikan untuk menahan geser dengan dengan mengasumsikan  $V_c = 0$ , apabila keduanya terjadi:
  - a. Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan 21.6.5.1 mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut.

- b. Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f_c' / 10$ .
- c. Arah gaya geser  $V_e$  tergantung pada besaran relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen-momen ujung.
- d. Momen ujung  $M_{pr}$  berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar  $1.25 f_y$  adalah kekuatan leleh yang ditetapkan. (Kedua momen ujung harus ditinjau dalam kedua arah, searah jarum jam dan berlawanan jarum jam).
- e. Momen ujung  $M_{pr}$  untuk kolom tidak perlu lebih besar dari momen-momen yang dihasilkan oleh  $M_{pr}$  balok-balok yang merangka kedalam joint balok-kolom.  $V_e$  tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh analisis struktur.



**Gambar 2.7 Geser desain pada kolom**

### 2.5.6 Perencanaan Penulangan Kolom Terhadap Lentur dan Aksial

Kolom-kolom di dalam sebuah konstruksi meneruskan beban dari balok dan plat-plat ke bawah sampai sampai ke pondasi, dan kolom-kolom merupakan bagian konstruksi tekan, meskipun mereka harus pula menahan gaya-gaya lentur akibat kontinuitas konstruksi.

- Momen Ultimate (MU)

Dari perhitungan statika momen



- Beban aksial terfaktor, normal terhadap penampang ( $P_u$ )

Dari perhitungan statika gaya normal.

Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun dari 0,08 kali luas bruto penampang  $A_g$  (1%-8% $A_g$ ). Penulangan yang lazim antara 1,5% - 3%.

Kuat beban aksial maksimum dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\phi P_n = 0,85 \phi \{0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\} \rightarrow \text{pengikat spiral.}$$

(Rachmat Purwono, Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, halaman 91).

Ada beberapa kondisi dalam, menghitung tulangan geser:

1. Bila  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$  maka pada kondisi ini tidak diperlukan tulangan geser.
2. Bila  $\phi V_c > V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$  maka pada kondisi ini dipasang tulangan geser minimum.
3. Bila  $\phi V_c > V_u > \phi(5/6\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d)$  maka diperlukan tulangan geser.
4. Bila  $\phi V_u > \phi(5/6\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d)$  maka dimensi diperbesar.
5. Dimana:  $(V_c + V_{s \text{ maks}}) = (1/6+2/3) \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 5/6\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ .

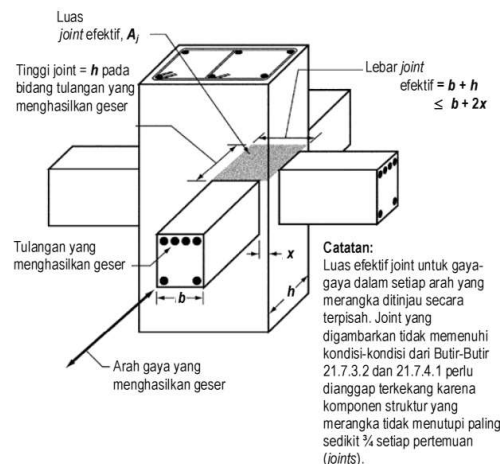
## 2.6 Hubungan Balok Kolom (HBK) Pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Penulangan memanjang harus menerus menembus HBK dan dijangkar sebagai batang tarik atau tekan dengan panjang penyaluran yang benar dalam suatu inti kolom terkekang. Lekatan antara tulangan memanjang dan beton tidak boleh sampai lepas atau slip di dalam HBK yang berakibat menambah

rotasi dalam HBK. Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.7 persyaratan ukuran minimum harus dipenuhi agar mengurangi kemungkinan kegagalan dan kehilangan lekatan pada waktu terjadi beban berbalik di atas tegangan leleh tulangan

Bila tulangan memanjang balok menerus melewati HBK. Maka dimensi kolom yang sejajar tulangan balok harus tidak boleh lebih kecil dari 20 kali diameter terbesar tulangan memanjang untuk beton normal dan untuk beton ringan dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter batang tulangan.

Faktor yang paling penting dalam menentukan kuat geser nominal HBK adalah luas joint efektif ( $A_j$ ) dari HBK. Untuk HBK yang dikekang oleh balok-balok di keempat mukanya, maka kapasitas atau kuat geser nominal HBK adalah sebesar  $1,7 \sqrt{f'c} A_j$ . Untuk hubungan yang terkekang di tiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan, maka kuat geser nominalnya  $1,25 \sqrt{f'c} A_j$ . Dan untuk kasus-kasus lainnya, kuat geser nominalnya  $1,0 \sqrt{f'c} A_j$ . Dalam menghitung gaya geser di HBK gaya dalam tulangan memanjang balok di muka HBK, harus dianggap mempunyai tegangan tarik adalah  $1,25 f_y$ .



**Gambar 2.8 Luas joint efektif**

Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik:

1. Untuk ukuran batang tulangan  $\phi$ -10 sampai D-36, panjang penyaluran  $\ell_{dh}$ , dengan kait 90 derajat standar pada beton normal  $\geq 8d_b$ , 150 mm, dan panjang yang disyaratkan oleh:

$$\ell_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}}$$

2. Untuk ukuran batang tulangan  $\phi$ -10 sampai D-36, panjang penyaluran dalam kondisi tarik untuk batang tulangan lurus tidak boleh lebih besar dari 2,5 kali panjang yang disyaratkan, tinggi beton yang dicetak  $< 300$  mm dan 3,25 kali panjang yang disyaratkan, tinggi beton yang dicetak  $> 300$  mm.
3. Apabila bagian  $\ell_d$  tidak dalam inti terkekang harus ditingkatkan dengan faktor sebesar 1,6 kali.

## 2.7 Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik (Rangkap)

### 2.7.1 Balok T Tulangan Rangkap

Perencanaan balok T tulangan rangkap adalah proses menentukan dimensi tebal dan lebar flens. Lebar dan tinggi efektif balok, dan luas tulangan baja tarik. Balok T juga didefinisikan sebagai balok yang menyatu dengan plat, dimana plat tersebut mengalami tekanan.

Dari hasil kombinasi pembebanan untuk  $M_u$  balok maka diambil nilai  $M_u$  yang paling besar. Balok persegi memiliki tulangan rangkap apabila momen yang harus ditahan cukup besar dan  $A_s \text{ perlu} > A_s \text{ maks.}$

Untuk tulangan maksimum ada persyaratan bahwa balok atau komponen struktur lain yang menerima beban lentur murni harus bertulang

lemah (under reinforced) SNI 2847-2013 memberikan batasan tulangan maksimum sebesar 75% dari yang diperlukan pada keadaan regang seimbang.  $A_s \text{ maks} = 0,75 \rho_b$

$$A_s \text{ maks} = 0,75 \left( \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Untuk tulangan minimum agar menghindari terjadinya kehancuran getas pada balok, maka SNI 2847-2013 pasal 10.5.1 mengatur jumlah minimum tulangan yang harus terpasang pada balok, yaitu:

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b_w \cdot d \text{ dan tidak lebih kecil dari } A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

Langkah-langkah perencanaan balok T tulangan rangkap

- Didapatkan nilai  $M_{D \text{ b}}$ ,  $M_{L \text{ b}}$ ,  $M_{E \text{ b}}$ , (Statika / hasil ETABS),  
dimana kombinasi untuk  $M_u$  balok:

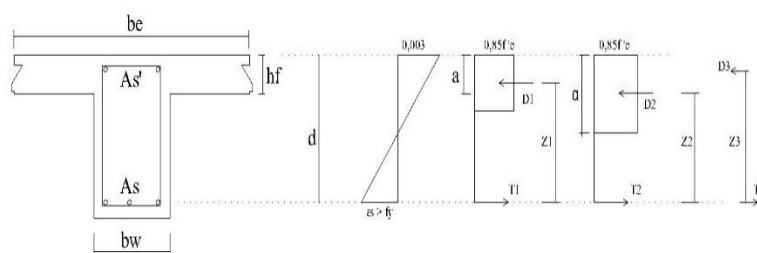
$$= 1,4 M_{D \text{ b}}$$

$$= 1,2 M_{D \text{ b}} + 1,6 M_{L \text{ b}}$$

$$= 1,2 M_{D \text{ b}} + 1,0 M_{L \text{ b}} \pm 1,0 M_{E \text{ b}}$$

$$= 0,9 M_{D \text{ b}} \pm 1,0 M_{E \text{ b}}$$

1. Tentukan tulangan tarik dan tekan
2. Hitung nilai  $d' = \text{tebal selimut beton} + \text{diameter sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{diameter tulangan tarik}$ . Setelah itu dihitung  $d = h - d'$ .



**Gambar 2.9 Gambar diagram tegangan balok T**



Menurut SNI 2847-2013 pasal 8.12.2, lebar plat efektif yang diperhitungkan bekerja sama dengan rangka menahan momen lentur ditentukan sebagai berikut:

- a. Jika balok mempunyai plat dua sisi.
  - $b_{eff} < \frac{1}{4}$  dari bentang balok (panjang balok) L
  - $b_{eff} < b_w + 8h_f$
  - $b_{eff} < b_w + \frac{1}{2}$  jarak bersih ke badan di sebelahnya.
- b. Jika balok mempunyai plat satu sisi.
  - $b_{eff} < \frac{1}{12}$  dari bentang balok (panjang balok) L
  - $b_{eff} < 6h_f$
  - $b_{eff} < \frac{1}{2}$  jarak bersih ke badan di sebelahnya.

### 3. Mencari letak garis netral

Analisa balok bertulang rangkap dimana tulangan tekan sudah leleh. Misalkan tulangan tarik dan tulangan leleh.

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' = A_s' \cdot f_y$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s' = f_y (A_s - A_s')$$

$$\text{Sehingga nilai } a = \frac{f_y (A_s - A_s')}{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b} \cdot b \cdot d$$

Dengan nilai tersebut kita kontrol tegangan yang terjadi apakah tulangan tekan leleh apa belum. Jika leleh, perhitungan dapat dilanjutkan dan jika belum leleh nilai  $a$  kita hitung kembali dengan persamaan lain.

$$\text{Tinggi garis netral } c = \frac{a}{\beta} = \frac{f_y(A_s - A_s')}{\beta 1.0,85.f'_c.b}$$

$$\text{Dari diagram regangan } \frac{\epsilon'_s}{\epsilon'_c} = \frac{(c-d')}{c} \rightarrow \epsilon'_s = \frac{(c-d')}{c} \epsilon'_c$$

Jika  $\epsilon'_s < \epsilon_y = f_y/\epsilon_s \rightarrow$  berarti tulangan tekan belum leleh maka perhitungan diulang.

Jika  $\epsilon'_s > \epsilon_y = f_y/\epsilon_s \rightarrow$  berarti tulangan tekan leleh maka perhitungan dilanjutkan.

$$M_n = C_c \cdot z_1 + C_s \cdot z_2 \text{ dimana: } z_1 = d - \frac{a}{2} \text{ dan } z_2 = z - z'$$

Analisis balok bertulang rangkap dimana tulangan tekan belum leleh.

Ini terjadi jika  $\epsilon'_s > \epsilon_y = f_y/\epsilon_s$

Untuk itu dicari nilai  $a$  dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$\Sigma H = 0, \text{ maka } C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$f_s' = \epsilon'_s \cdot \epsilon_s, \text{ dimana } \epsilon'_s = \frac{(c-d')}{c} \epsilon'_c$$

$$f_s' = \left( \frac{(c-d')}{c} \right) \epsilon'_c \cdot \epsilon_s = \frac{(c-d')}{c} \cdot 0,003 \cdot 200000$$

$$f_s' = \left( \frac{(c-d')}{c} \right) \cdot 600$$

$$\text{maka } 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + As' \cdot 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) \cdot x + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Dengan substitusi nilai  $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot As' \cdot c - As \cdot fy \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot As' - As \cdot fy) \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' = 0$$

Dengan rumus ABC nilai x dapat dihitung:

$$c_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Selanjutnya dapat dihitung dengan nilai-nilai:

$$fs' = \left( \frac{c-d'}{c} \right) \cdot 600$$

$$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b \text{ dimana } a = \beta_1 \cdot x$$

$$Cs = As' \cdot fs'$$

$$z_1 = d - \frac{a}{2} \text{ dan } z_2 = d - d'$$

$$Mn = Cc \cdot z_1 + Cs \cdot z_2$$

### 2.7.2. Perencanaan Balok Terhadap Geser

Komponen struktur yang mengalami lentur akan mengalami juga kehancuran geser, selain kehancuran tarik/tekan. Sehingga dalam perencanaan struktur yang mengalami lentur selain direncanakan tulangan lentur, juga harus direncanakan tulangan geser.

Kuat geser pada struktur yang mengalami lentur SNI 2847-2013 pasal 11.1 adalah:

$$\phi V_n > V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana:

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau.

$V_c$  = kuat geser nominal yang disediakan oleh beton pada penampang yang ditinjau.

$V_s$  = kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser pada penampang yang ditinjau.

$V_n$  = kuat geser nominal pada penampang yang ditinjau.

Gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) ditinjau pada penampang sejarak ( $d$ ) dari muka tumpuan dan untuk penampang yang jaraknya kurang dari  $d$  dapat direncanakan sama dengan pada penampang yang sejarak  $d$ .

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1 adalah:

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana:

$b_w$  = lebar badan balok

$d$  = jarak dari serat terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

Ada 2 keadaan:

Bila  $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$ , maka harus dipasang tulangan geser minimum dengan luas tulangan:

$$A_v = \frac{0,35b_w.s}{f_y}$$

Dan bila  $V_u > \phi V_c$ , maka harus dipasang tulangan geser, sedangkan besar gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan adalah:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Dimana:

$A_v$  = luas tulangan geser dalam daerah sejarak  $s$ .

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$$

$s$  = spasi tulangan geser dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal.

Sedangkan untuk spasi sengkang adalah:

$$s \leq \frac{1}{2} d$$

$$s \leq 600 \text{ mm}$$

Sedangkan bila  $V_s > 0,33 \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$ , maka spasi tulangan adalah:

$$s \leq \frac{1}{4} d$$

$$s \leq 300 \text{ mm}$$

Dalam hal ini  $V_s$  tidak boleh lebih besar dari  $0,66 \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$



## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Data Perencanaan**

##### **3.1.1 Data Umum Bangunan**

- Struktur Gedung : Stuktur Beton Bertulang
- Zona Gempa : Kota Bogor
- Jumlah Lantai : 20 lantai
- Fungsi Gedung : Hotel
- Panjang : 44.4m
- Lebar : 23,5 m
- Tinggi Bangunan : 74,4 m

##### **3.1.2 Mutu Bahan Yang Digunakan**

- Mutu beton ( $f'_c$ ) : 35 Mpa
- Mutu baja ulir ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Mutu baja polos ( $f_y$ ) : 240 Mp

#### **3.2 Tahapan Perencanaan**

Tahapan dari perencanaan Gedung Salak Tower Hotel Kota Bogor meliputi tahapan sebagai berikut:

##### **3.2.1 Analisa Pembebanan**

Pembebanan yang diperhitungkan pada perencanaan Gedung Salak Tower Hotel secara garis besar adalah sebagai berikut:

- Beban Mati (Dead Load)

- Beban Hidup (Live Load)
- Beban Gempa (Quake Load), untuk kota Malang berdasarkan [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_201](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_201) memiliki percepatan-percepatan batuan dasar, yaitu:

$$- S_s = 0,881$$

$$- S_1 = 0,356$$

Berdasarkan beban-beban tersebut maka struktur Gedung Salak Tower Hotel harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan berikut:

1.  $U = 1,4D$
2.  $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3.  $U = 1,2D + 1,6L (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5.  $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$
6.  $U = 0,9D + 1,0W$
7.  $U = 0,9D + 1,0E$

### 3.2.2. Analisa Statika

Untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur gedung maka digunakan program struktur STAAD Pro.

Adapun pedoman perencanaan yang digunakan, antara lain:

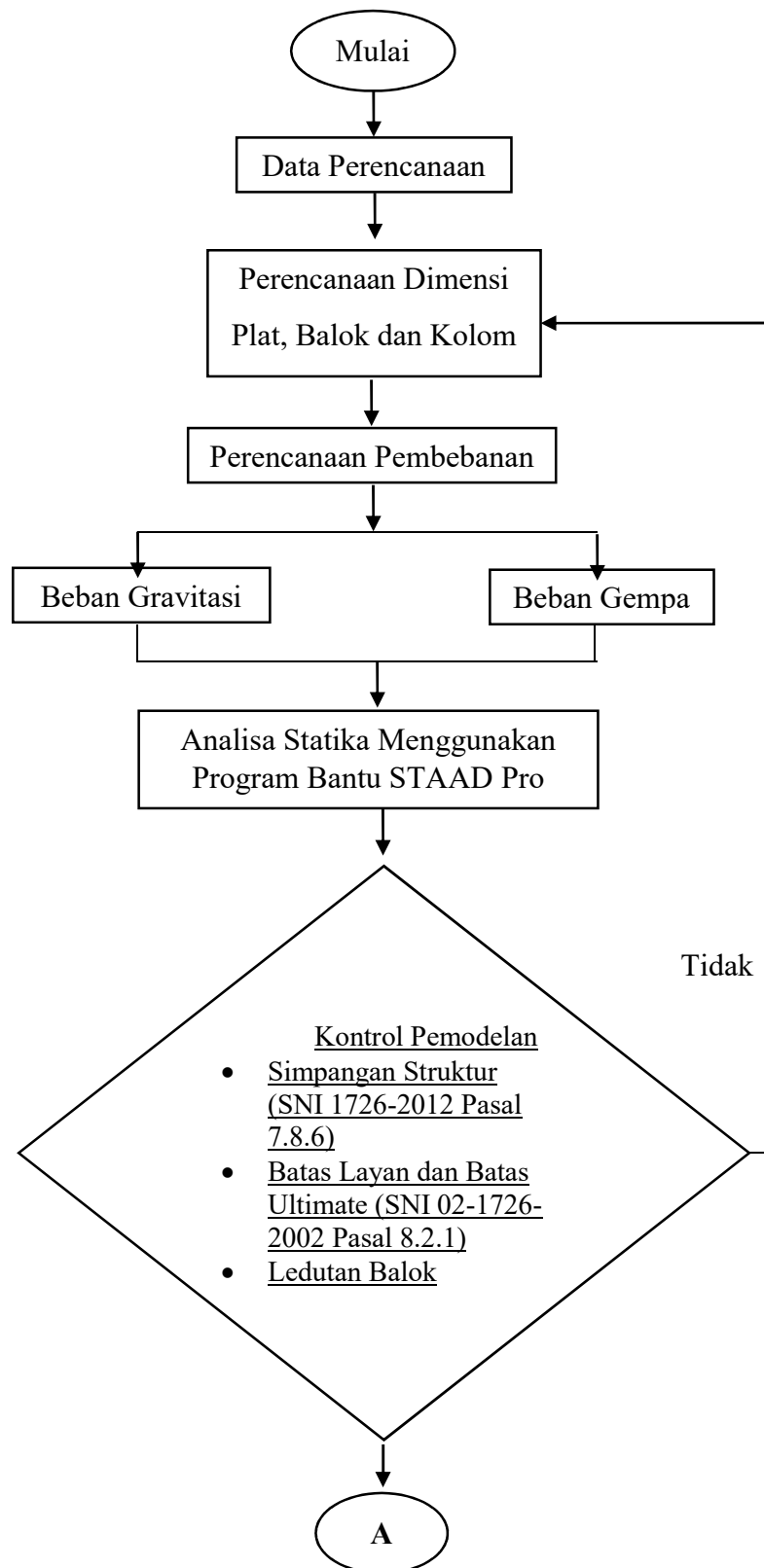
- Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012.

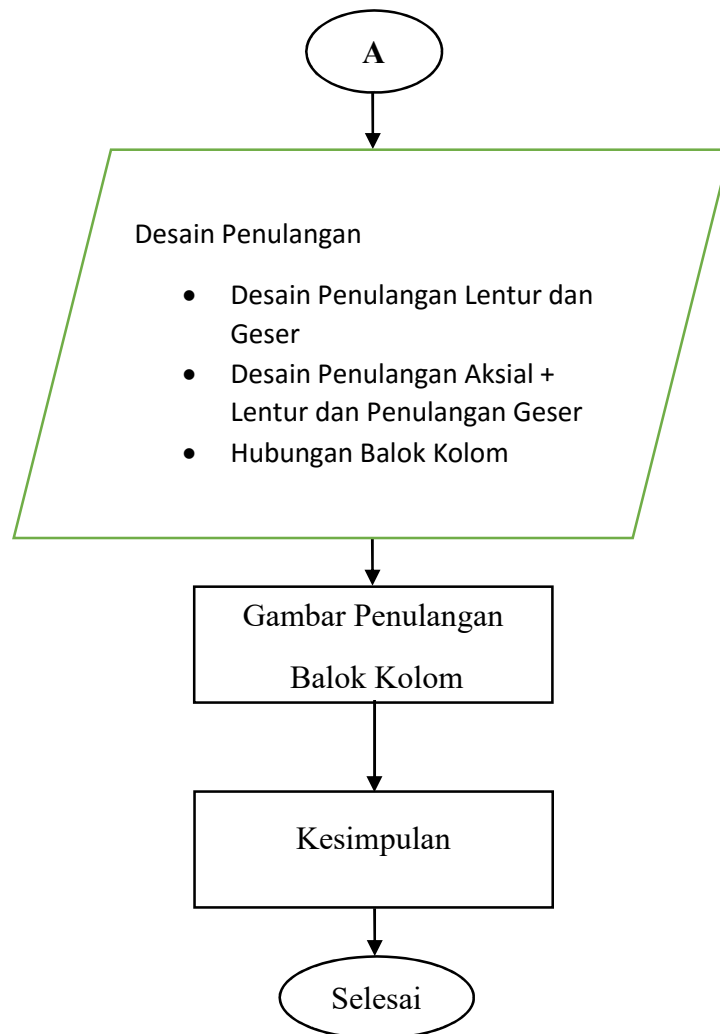
- Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (SNI 1726-2002);
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013.
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG 1983).
- Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013).

### **3.2.3. Desain Beton Bertulang**

Sistem yang digunakan dalam merencanakan struktur beton bertulang di proposal skripsi ini yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

### 3.3. Diagram Alir Perencanaan



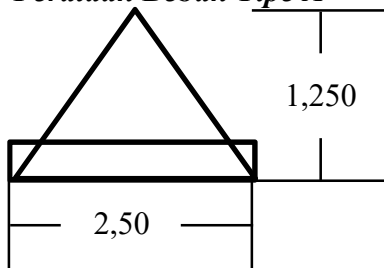




### 3.4 Perataan pembebanan

#### 3.4.1 Perataan Beban

##### a. Perataan Beban Tipe A



$$Q = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 1,25$$

$$= 0,781$$

$$R_a = R_b = Q = 0,7813$$

$$M_1 = \left( R_a \times \frac{2,5}{2} \right) - \left( Q \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 2,5 \right)$$

$$= \left( 0,781 \times \frac{2,5}{2} \right) - \left( 0,781 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 2,5 \right)$$

$$= 0,651$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h_{eq} \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 2,5^2$$

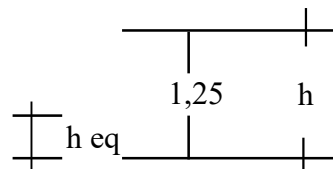
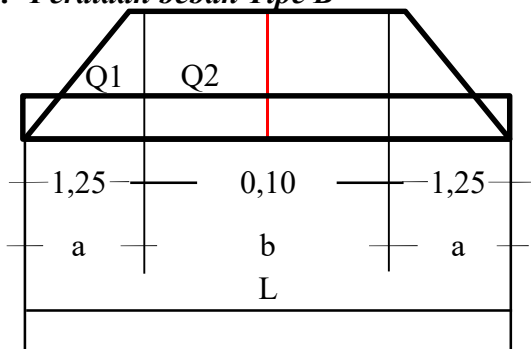
$$= 0,781 \times h_{eq}$$

$$M_1 = M_2$$

$$0,651 = 0,781 \times h_{eq}$$

$$h_{eq} = 0,83$$

##### b. Perataan beban Tipe B



$$h = 1,25$$

$$b = 0,10$$

$$a = 1,25$$

$$L = 2,6$$

$$R_a = \frac{(2,60 + 0,10) \times 1,25}{2} \times 0,5 = 0,84$$

$$Q_1 = 1,25 \times 1,25 \times 0,50 = 0,781$$

$$Q_2 = 0,05 \times 1,25 = 0,063$$

$$M_1 = R_a \cdot \frac{1}{2} \cdot L - Q_1 \cdot \left( \frac{1}{3} \cdot a + \frac{b}{2} \right) - (Q_2 \cdot \frac{b}{4})$$

$$= 0,731$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \cdot h \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 2,60^2$$

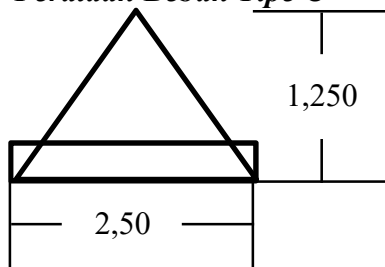
$$= 0,85 \times h_{eq}$$

$$M_1 = M_2$$

$$0,731 = 0,845 \times h_{eq}$$

$$h_{eq} = 0,865$$

c. *Perataan Beban Tipe C*



$$Q = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 1,25$$

$$= 0,781$$

$$R_a = R_b = Q = 0,7813$$

$$M_1 = \left( R_a \times \frac{2,5}{2} \right) - \left( Q \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 2,5 \right)$$

$$= \left( 0,781 \times \frac{2,5}{2} \right) - \left( 0,781 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 2,5 \right)$$

$$= 0,651$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h_{eq} \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 2,5^2$$

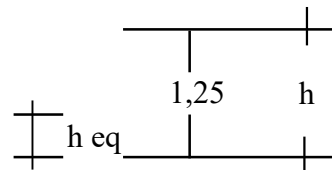
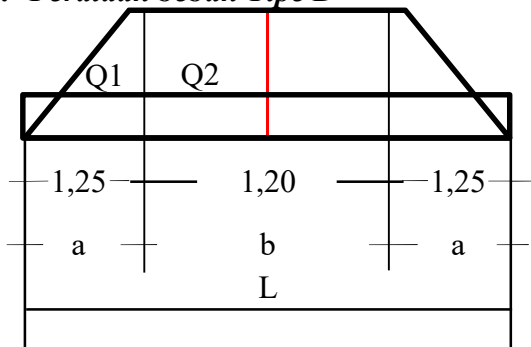
$$= 0,781 \times h_{eq}$$

$$M_1 = M_2$$

$$0,651 = 0,781 \times h_{eq}$$

$$h_{eq} = 0,83$$

d. *Perataan beban Tipe D*



$$h = 1,25$$

$$b = 1,20$$

$$a = 1,25$$

$$L = 3,7$$

$$R_a = \frac{(3,70 + 1,20) \times 1,25}{2} \times 0,5 = 1,53$$

$$Q_1 = 1,25 \times 1,25 \times 0,50 = 0,781$$

$$Q_2 = 0,60 \times 1,25 = 0,750$$

$$M_1 = R_a \cdot \frac{1}{2} \cdot L - Q_1 \cdot \left( \frac{1}{3} \cdot a + \frac{b}{2} \right) - (Q_2 \cdot \frac{b}{4})$$

$$= 1,814$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \cdot h \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 3,70^2$$

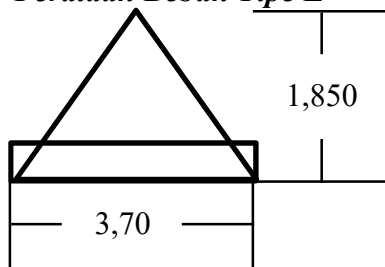
$$= 1,71 \times h_{eq}$$

$$M_1 = M_2$$

$$1,814 = 1,711 \times h_{eq}$$

$$h_{eq} = 1,060$$

**e. Perataan Beban Tipe E**



$$Q = \frac{1}{2} \times 1,85 \times 1,85$$

$$= 1,711$$

$$R_a = R_b = Q = 1,7113$$

$$M_1 = \left( R_a \times \frac{3,7}{2} \right) - \left( Q \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 3,7 \right)$$

$$= \left( 1,711 \times \frac{3,7}{2} \right) - \left( 1,711 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 3,7 \right)$$

$$= 2,111$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h_{eq} \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 3,7^2$$

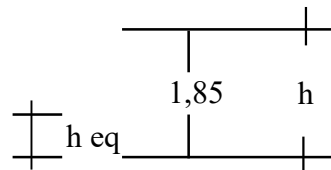
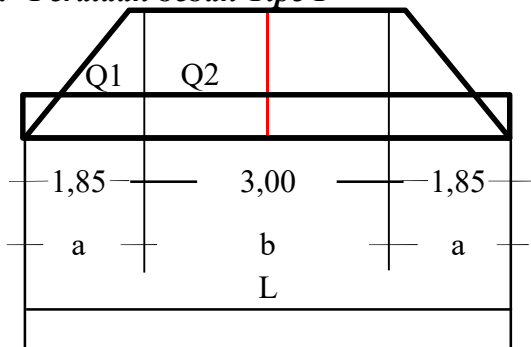
$$= 1,711 \times h_{eq}$$

$$M_1 = M_2$$

$$2,111 = 1,711 \times h_{eq}$$

$$h_{eq} = 1,23$$

**f. Perataan beban Tipe F**



$$h = 1,85$$

$$b = 3,00$$

$$a = 1,85$$

$$L = 6,7$$

$$R_a = \frac{(6,70 + 3,00) \times 1,85}{2} \times 0,5 = 4,49$$

$$Q_1 = 1,85 \times 1,85 \times 0,50 = 1,711$$

$$Q_2 = 1,50 \times 1,85 = 2,775$$

$$M_1 = R_a \cdot \frac{1}{2} \cdot L - Q_1 \cdot \left( \frac{1}{3} \cdot a + \frac{b}{2} \right) - (Q_2 \cdot \frac{b}{4})$$

$$= 9,326$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \cdot h \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 6,70^2$$

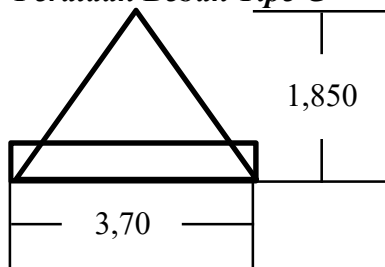
$$= 5,61 \times h_{eq}$$

$$M_1 = M_2$$

$$9,326 = 5,611 \times h_{eq}$$

$$h_{eq} = 1,662$$

**g. Perataan Beban Tipe G**



$$Q = \frac{1}{2} \times 1,85 \times 1,85$$

$$= 1,711$$

$$R_a = R_b = Q = 1,7113$$

$$M_1 = \left( R_a \times \frac{3,7}{2} \right) - \left( Q \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 3,7 \right)$$

$$= \left( 1,711 \times \frac{3,7}{2} \right) - \left( 1,711 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 3,7 \right)$$

$$= 2,111$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h_{eq} \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 3,7^2$$

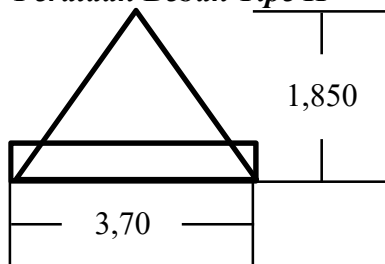
$$= 1,711 \times h_{eq}$$

$$M_1 = M_2$$

$$2,111 = 1,711 \times h_{eq}$$

$$h_{eq} = 1,23$$

**h. Perataan Beban Tipe H**



$$Q = \frac{1}{2} \times 1,85 \times 1,85$$

$$= 1,711$$

$$R_a = R_b = Q = 1,7113$$

$$M_1 = \left( R_a \times \frac{3,7}{2} \right) - \left( Q \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 3,7 \right)$$

$$= \left( 1,711 \times \frac{3,7}{2} \right) - \left( 1,711 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 3,7 \right)$$

$$= 2,111$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h_{eq} \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 3,7^2$$

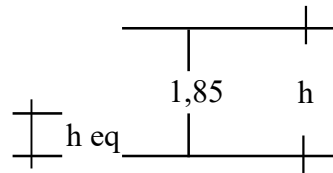
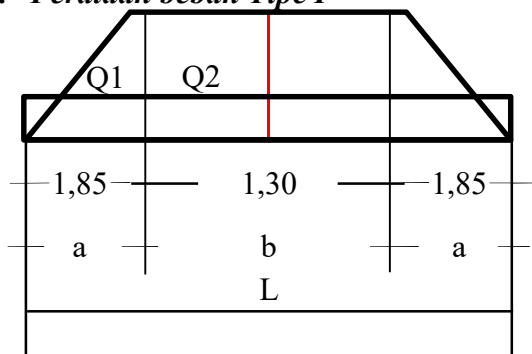
$$= 1,711 \times h_{eq}$$

$$M_1 = M_2$$

$$2,111 = 1,711 \times h_{eq}$$

$$h_{eq} = 1,23$$

*i. Perataan beban Tipe I*



$$\begin{aligned} h &= 1,85 \\ b &= 1,30 \\ a &= 1,85 \\ L &= 5,0 \end{aligned}$$

$$Ra = \frac{(5,00 + 1,30) \times 1,85}{2} \times 0,5 = 2,91$$

$$Q1 = 1,85 \times 1,85 \times 0,50 = 1,711$$

$$Q2 = 0,65 \times 1,85 = 1,203$$

$$\begin{aligned} M1 &= Ra \cdot \frac{1}{2}L - Q1 \cdot \left(\frac{1}{3}a + \frac{b}{2}\right) - (Q2 \cdot \frac{b}{4}) \\ &= 4,726 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M2 &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times h_{eq} \times 5,00^2 \\ &= 3,13 \cdot h_{eq} \end{aligned}$$

$$M1 = M2$$

$$4,726 = 3,125 \cdot h_{eq}$$

$$h_{eq} = 1,512$$



### 3.4.2 Perhitungan Pembebanan Dinding

→ Pembebanan dinding atap

tinggi dinding = 0,5 m

Berat pasangan 1/2 bata merah =  $250 \text{ kg/m}^2$

$$q = 1 \times 250 = 125 \text{ kg/m}$$

→ Pembebanan dinding penuh

tinggi dinding = 2,7 m

Berat pasangan 1/2 bata merah =  $250 \text{ kg/m}^2$

$$q = 3 \times 250 = 675 \text{ kg/m}$$

→ Pembebanan dinding penuh

tinggi dinding = 3,7 m

Berat pasangan 1/2 bata merah =  $250 \text{ kg/m}^2$

$$q = 4 \times 250 = 925 \text{ kg/m}$$

→ Pembebanan dinding Lantai 1-4

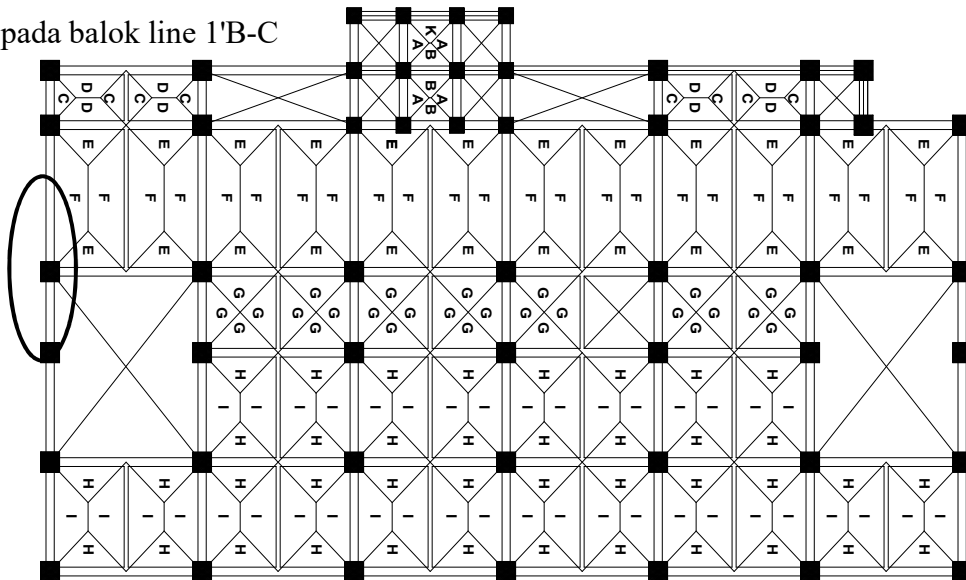
tinggi dinding = 1 m

Berat pasangan 1/2 bata merah =  $250 \text{ kg/m}^2$

$$q = 1 \times 250 = 250 \text{ kg/m}$$

→ Beban hidup =  $250 \text{ kg/m}^2$

Pembebanan pada balok line 1'B-C



• Bebban Mati

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Berat Plat} \times H \text{ eq} \\ 402 \times 1,66 \end{array} \right] + 250 = 918,099 \text{ kg/m}$$

• Beban Hidup

$$H \text{ eq} \times \text{Berat Plat} \\ 250 \times 1,66 = 415,484 \text{ kg/m}$$

Tabel 3.1 Perataan Pembebanan

TABEL PEMBEBANAN									
Lantai	Line	Kode Plat	Perataan beban tipe 1	Perataan beban tipe 2	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
			m	m	kg	kg	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI 1 MEMANJANG	A-3,3'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A-3',3"	J	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	A-3",4	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-2,3	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-3',3"	B+B	0,86	0,86	402	250	0	691,44	430,00
	A"-4,5	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-5,5'	B+D	0,75	1,06	402	250	0	727,62	452,50
	A"-5',6	B+D	0,75	1,06	402	250	0	727,62	452,50
	A"-6,6'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	B-2,3	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	B-3,3'	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-3',3"	K	0,86	0,00	402	250	0	345,72	215,00
	B-3",4	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-4,4'	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-4',5	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-5,5'	D+E	1,06	1,23	402	250	0	920,58	572,50
	B-5',6	D+E	1,06	1,23	402	250	0	920,58	572,50
	B-6,6'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	B-6",7	E	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	C-3,3"	E+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-3",4	E+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-4,4"	E+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-4",5	E+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-5,5'	E+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-5',6	E+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-6,6"	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-6",7	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-1,1'	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-1',2	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-2,2'	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-2',3	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-3,3"	G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-3",4	G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-4,4"	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-4",5	G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-5,5'	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-5',6	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	E-1,1'	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-1',2	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-2,2"	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-2",3	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-3,3"	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-3",4	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-4,4"	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-4",5	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	F-1,1'	H	0,00	1,23	402	250	250	744,46	307,50
	F-1',2	H	0,00	1,23	402	250	250	744,46	307,50
	F-2,2"	H	0,00	1,23	402	250	250	744,46	307,50
	F-2",3	H	0,00	1,23	402	250	250	744,46	307,50
	F-3",4	H	0,00	1,23	402	250	250	744,46	307,50
	F-4",5	H	0,00	1,23	402	250	250	744,46	307,50

LANTAI 1 MELINTANG	1-A,A'	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	1-A',B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	1-B,B'	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	1-B,C	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	1-C,D	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	1-D,E	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
	1-E,F	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
	1'-D,E	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
	1'-E,F	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
	2-A',A"	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	2-A",B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	2-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	2-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3-A,A"	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	3-A",B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	3-B,C	F	1,66	0,00	402	250	250	917,32	415,00
	3-C,D	G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	3-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	250	1464,04	755,00
	3-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	250	1464,04	755,00
	3'-A,A"	J	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3'-A",B	J	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3"-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	3"-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	950	2164,04	755,00
	3'''-A,A"	J	0,83	0,00	403	250	0	334,49	207,50
	3'''-A",B	J	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	4-A,A"	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	4-A",B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	4-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	4-C-D	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	4-D,E	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
	4-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	4'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	4'-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	250	1238,92	615,00
	4'-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	4'-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	5-B,C	F+F	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	5-D,E	I+I	1,51	1,51	403	250	1	1218,06	755,00
	5-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	250	1464,04	755,00
	5'-A',B	C+C	0,83	0,83	402	250	0	667,32	415,00
	5'-B+C	F+F	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5'-C+D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	6-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	6-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	250	1238,92	615,00
	6'-A",B	-	0,00	0,00	403	250	950	950,00	0,00
	6"-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	7-B,C	F	1,66	0,00	402	250	250	917,32	415,00

TABEL PEMBEBANAN									
Lantai	Line	Kode Plat	Perataan beban tipe	Perataan beban tipe	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
			m	m	kg	kg	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI 2 MEMANJANG	A-3,3'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A-3',3'''	B	0,86	0,00	402	250	950	1295,72	215,00
	A-3'''',4	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-1,1'	D	0,00	1,06	402	250	0	426,12	265,00
	A"-1',2	D	0,00	1,06	402	250	0	426,12	265,00
	A"-2,3	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-3,3'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-3',3'''	B+B	0,86	0,86	402	250	0	691,44	430,00
	A"-3'''',4	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-4,5	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-5,5'	D	0,00	1,06	402	250	0	426,12	265,00
	A"-5',6	D	0,00	1,06	402	250	0	426,12	265,00
	A"-6,6'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	B-1,1'	E+D	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50
	B-1',2	E+D	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50
	B-2,2'	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-2',3	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-3,3'	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-3',3'''	J	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	B-3'''',4	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	B-4',5	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-5,5'	E+D	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50
	B-5',6	E+D	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50
	B-6,6"	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	B-6'',7	E	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	C-1,1'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-1',2	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-2,2'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-2',3	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-3,3"	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-3'',4	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-4,4'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-4',5	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-5,5'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-5',6	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-6,6"	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-6'',7	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-2,2'	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-2',3	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-3,3"	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-3'',4	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-4,4'	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-5,5'	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-5',6	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	E-1,1'	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-1',2	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-2,2'	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-2',3	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-3,3"	H+H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-3'',4	H+H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-4,4'	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-4',5	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-5,5'	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-5',6	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-6,6'	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-6',7	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	F-1,1'	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-1',2	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50

LANTAI 2 MELINTANG	F-2,2"	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-2",3	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-3",4	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-4",5	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-5,5'	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-5',6	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-6',7	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	1-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	1-B,C	F	1,66	0,00	402	250	250	917,32	415,00
	1-C,D	G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	1-D,E	-	0,00	0,00	402	250	0	0,00	0,00
	1-E,F	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
	1'-A",B	C+C	0,83	0,83	402	250	0	667,32	415,00
	1'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	1'-C,D	-	0,00	0,00	402	250	0	0,00	0,00
	1'-D,E	-	0,00	0,00	402	250	0	0,00	0,00
	1'-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	2-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	2-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	2-C,D	G	1,23	0,00	403	250	250	745,69	307,50
	2-D,E	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
	2-E,F	I	1,51	0,00	402	250	0	607,02	377,50
	2'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	2'-C,D	G+G	1,23	1,23	403	250	0	991,38	615,00
	2'-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	2'-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3-A,A"	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	3-A",B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	3-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	3-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	3-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3'-A,A"	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3'-A",B	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3"-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	3"-C,D	G+G	1,23	1,23	403	250	0	991,38	615,00
	3"-D,E	I+I	1,51	1,51	404	250	0	1220,08	755,00
	3"-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3'''-A,A"	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3'''-A",B	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	4-A,A"	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	4-A"B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	4-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	4-C-D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	4-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	4-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	4'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	4'-C,D	G	1,23	0,00	403	250	250	745,69	307,50
	4'-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	4'-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	5-B,C	F+F	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5-C,D	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	5-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5'-A",B	C+C	0,83	0,83	402	250	0	667,32	415,00
	5'-B,C	F+F	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5'-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	5'-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	5'-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	6-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	6-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00

			6-C,D	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
			6-D,E	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
			6-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	250	1464,04	755,00
			6'-A'',B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
			6"-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
			6"-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
			7-B,C	F	1,66	0,00	402	250	250	917,32	415,00
			7-C,D	-	0,00	0,00	402	250	250	250,00	0,00
			7-D,E	-	0,00	0,00	402	250	250	250,00	0,00
			7-E,F	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
TABEL PEMBEBANAN											
Lantai	Line	Kode Plat	Perataan		Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)		
			beban tipe	beban tipe						kg/m	kg/m
LANTAI 3 MEMANJANG	A-3,3'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00		
	A-3',3"	K	0,86	0,00	402	250	950	1295,72	215,00		
	A-3'",4	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00		
	A"-1,1'	D	0,00	1,06	402	250	0	426,12	265,00		
	A"-1',2	D	0,00	1,06	402	250	0	426,12	265,00		
	A"-2,3	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00		
	A"-3,3'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00		
	A"-3',3"	B+B	0,86	0,86	402	250	0	691,44	430,00		
	A"-3'",4	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00		
	A"-4,5	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00		
	A"-5,5'	D	1,06	0,00	402	250	0	426,12	265,00		
	A"-5',6	D	1,06	0,00	402	250	0	426,12	265,00		
	A"-6,6'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00		
	B-1,1'	E+D	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50		
	B-1',2	E+D	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50		
	B-2,2'	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50		
	B-2',3	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50		
	B-3,3"	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50		
	B-3",4	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50		
	B-4,4'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50		
	B-4',5	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50		
	B-5,5'	D+E	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50		
	B-5',6	D+E	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50		
	B-6,6'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50		
	B-6",7	E	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50		
	C-1,1'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50		
	C-1',2	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50		
	C-2,2'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		
	C-2',3	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		
	C-3,3"	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		
	C-3",4	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		
	C-4,4'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		
	C-4',5	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		
	C-5,5'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		
	C-5',6	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		
	C-6,6'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50		
	C-6",7	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50		
	D-2,2'	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50		
	D-2',3	H+G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50		
	D-3,3"	H+G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50		
	D-3",4	H+G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50		
	D-4,4'	H+G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50		
	D-4',5	H+G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50		
	D-5,5'	H+G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50		
	D-5',6	H+G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50		
	E-1,1'	H	0,00	1,23	402	250	0	494,46	307,50		
	E-1',2	H	0,00	1,23	402	250	0	494,46	307,50		
	E-2,2'	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00		



	E-2',3	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-3',3"	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-3',4	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-4',4'	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-4',5	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-5',5'	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-5',6	H+H	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	E-6',6'	H	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	E-6',7	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-1',1'	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-1',2	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-2',2'	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-2',3	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-3',3"	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-3',4	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-4',4"	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-4'',5	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-5',5'	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-5',6	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-6',6'	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	F-6',7	H	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
LANTAI 3 MELINTANG	1-A'',B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	1-B,C	F	1,66	0,00	402	250	250	917,32	415,00
	1-C,D	-	0,00	0,00	402	250	0	0,00	0,00
	1-D,E	-	0,00	0,00	402	250	0	0,00	0,00
	1-E,F	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
	1'-A'',B	C+C	0,83	0,83	402	250	0	667,32	415,00
	1'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	1'-C,D	-	0,00	0,00	402	250	0	0,00	0,00
	1'-D,E	-	0,00	0,00	402	250	0	0,00	0,00
	1'-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	2-A'',B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	2-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	2-C,D	G	1,23	0,00	403	250	250	745,69	307,50
	2-D,E	I	1,23	1,23	402	250	250	1238,92	615,00
	2-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	2'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	2'-C,D	G+G	1,23	1,23	403	250	0	991,38	615,00
	2'-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	2'-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3-A,A"	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	3-A'',B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	3-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	3-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	3-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3'-A,A"	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3'-A'',B	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3''-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	3''-C,D	G+G	1,23	1,23	403	250	0	991,38	615,00
	3''-D,E	I+I	1,51	1,51	404	250	0	1220,08	755,00
	3''-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3'''-A,A"	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3'''-A'',B	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	4-A,A"	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	4-A''B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	4-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	4-C-D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	4-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	4-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	4''-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	4''-C,D	G+G	1,23	1,23	403	250	250	1241,38	615,00

4"-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
4"-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
5-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
5-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
5-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	250	1238,92	615,00
5-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
5-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
5'-A",B	C+C	0,83	0,83	402	250	0	667,32	415,00
5'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
5'-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
5'-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
5'-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
6-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
6-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
6-C,D	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
6-D,E	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50
6-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	250	1464,04	755,00
6'-A",B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
6"-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
6"-E,F	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
7-B,C	F	1,66	0,00	402	250	250	917,32	415,00
7-C,D	-	0,00	0,00	402	250	250	250,00	0,00
7-D,E	-	0,00	0,00	402	250	250	250,00	0,00
7-E,F	I	1,51	0,00	402	250	250	857,02	377,50

TABEL PEMBEBANAN

Lantai	Line	Kode Plat	Perataan beban tipe m	Perataan beban tipe m	Berat Plat (beban mati) kg	Berat Plat (beban hidup) kg	Berat dinding kg/m	Beban Mati (qD) kg/m	Beban Hidup (qL) kg/m
LANTAI 4 MEMANJANG	A-3,3'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A-3',3'''	B	0,86	0,00	402	250	375	720,72	215,00
	A-3''',4	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-1,1'	D	0,00	1,06	402	250	0	426,12	265,00
	A"-1',2	D	0,00	1,06	402	250	0	426,12	265,00
	A"-2,3	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-3,3'	-	0,00	0,00	402	250	950	950	0,00
	A"-3',3'''	B+B	0,86	0,86	402	250	0	691,44	430,00
	A"-3''',4	-	0,00	0,00	402	250	0	0	0,00
	A"-4,5	-	0,00	0,00	402	250	0	0	0,00
	A"-5,5'	D	1,06	0,00	402	250	375	801,12	265,00
	A"-5',6	D	1,06	0,00	402	250	375	801,12	265,00
	A"-6,6'	-	0,00	0,00	402	250	375	375	0,00
	B-1,1'	E+D	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50
	B-1',2	E+D	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50
	B-2,2'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	B-2',3	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-3,3''	E	1,23	0,00	402	250	950	1444,46	307,50
	B-3",4	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	B-4,4'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	B-4',5	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	B-5,5'	D+E	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50
	B-5',6	D+E	1,23	1,06	402	250	0	920,58	572,50
	B-6,6'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	B-6",7	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-1,1'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-1',2	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-2,2'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-2',3	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-3,3''	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-3",4	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-4,4'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-4',5	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-5,5'	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00

LANTAI 4 MELINTANG	C-5',6	G+E	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	C-6,6'	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	C-6",7	E	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-2,2'	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-2',3	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-3,3"	G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-3",4	G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-4,4'	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-4',5	G	1,23	0,00	402	250	0	494,46	307,50
	D-5,5'	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	D-5',6	G	1,23	0,00	402	250	250	744,46	307,50
	1-A",B	C	0,83	0,00	402	250	590	923,66	207,50
	1-B,C	F	1,66	0,00	402	250	375	1042,32	415,00
	1'-A",B	C+C	0,83	0,83	402	250	0	667,32	415,00
	1'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	2-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	2-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	2-C,D	G	1,23	0,00	403	250	0	495,69	307,50
	2'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	2'-C,D	G+G	1,23	1,23	403	250	0	991,38	615,00
	2'-D,E	I+I	1,51	1,51	402	250	0	1214,04	755,00
	3-A",B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	3-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	3-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	3'-A,A"	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3'-A",B	A	0,83	0,00	402	250	0	333,66	207,50
	3"-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	3"-C,D	G+G	1,23	1,23	403	250	0	991,38	615,00
	3'''-A,A"	A	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	3'''-A",B	A	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	4-A,A"	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	4-A"B	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	4-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	4-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	4"-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	4"-C,D	G+G	1,23	1,23	403	250	0	991,38	615,00
	5-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	5-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	5-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	5'-A',A"	A+A	0,53	0,53	402	250	0	426,12	265,00
	5'-A",B	C+C	0,83	0,83	402	250	0	667,32	415,00
	5'-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	5'-C,D	G+G	1,23	1,23	402	250	0	988,92	615,00
	6-A",B	C	0,83	0,00	402	250	950	1283,66	207,50
	6-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	6-C,D	G	1,23	0,00	402	250	590	1084,46	307,50
	6'-A",B	-	0,00	0,00	402	250	590	590,00	0,00
	6"-B,C	F+F	1,66	1,66	402	250	0	1334,64	830,00
	7-B,C	F	1,66	0,00	402	250	950	1617,32	415,00
	7-C,D	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
	7-D,E	-	0,00	0,00	402	250	950	950,00	0,00
TABEL PEMBEBANAN									
Lantai	Line	Kode Plat	Perataan beban tipe	Perataan beban tipe	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
	A-3,3'	-	m	m	kg	kg	kg/m	kg/m	kg/m
	A-3',3'''	B	0,86	0,00	563	250	950	1434,18	215,00
	A-3'''',4	-	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00
	A"-1,1'	D	0,75	1,06	563	250	0	1019,03	452,50
	A"-1',2	D	0,75	1,06	563	250	0	1019,03	452,50
	A"-2,3	-	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00

LANTAI 5-8 MEMANJANG

A"-3,3'	-	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00
A"-3',3'''	B+B	0,86	0,86	563	250	0	968,36	430,00
A"-3'''',4	-	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00
A"-4,5	-	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00
A"-5,5'	D	1,06	0,00	563	250	0	596,78	265,00
A"-5',6	D	1,06	0,00	563	250	0	596,78	265,00
A"-6,6'	-	0,00	0,00	563	250	0	0	0,00
B-1,1'	E+D	1,23	1,06	563	250	950	2239,27	572,50
B-1',2	E+D	1,23	1,06	563	250	950	2239,27	572,50
B-2,2'	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
B-2',3	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
B-3,3'	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
B-3',3'''	B	0,83	0,00	563	250	0	467,29	207,50
B-3'''',4	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
B-4,4'	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
B-4',5	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
B-5,5'	D+E	1,23	1,06	563	250	0	1289,27	572,50
B-5',6	D+E	1,23	1,06	563	250	0	1289,27	572,50
B-6,6'	E	1,23	0,00	563	250	0	692,49	307,50
B-6'',7	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
C-1,1'	E+G	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-1',2	E+G	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-2,2'	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-2',3	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-3,3''	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-3'',4	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-4,4'	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-4',5	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-5,5'	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-5',6	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-6,6'	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
C-6'',7	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
D-1,1'	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-1',2	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-2,2'	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-2',3	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-3,3''	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-3'',4	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-4,4'	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-4',5	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-5,5'	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-5',6	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-6,6''	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
D-6'',7	H+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-1,1'	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-1',2	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-2,2'	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-2',3	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-3,3''	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-3'',4	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-4,4'	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-4',5	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-5,5'	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-5',6	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-6,6'	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
E-6',7	H+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
F-1,1'	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
F-1',2	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
F-2,2'	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
F-2',3	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
F-3,3''	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
F-3'',4	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
F-4,4''	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50

	F-4",5	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
	F-5,5'	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
	F-5',6	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
	F-6,6'	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
	F-6',7	H	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
LANTAI 5-8 MELINTANG	1-A",B	C	0,83	0,00	563	250	590	1057,29	207,50
	1-B,C	F	1,66	0,00	563	250	590	1524,58	415,00
	1-C,D	G	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
	1-D,E	I	1,51	0,00	563	250	590	1440,13	377,50
	1-E,F	I	1,51	0,00	563	250	590	1440,13	377,50
	1'-A",B	C+C	0,83	0,83	563	250	0	934,58	415,00
	1'-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	1'-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	1'-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	1'-E,F	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	2-A",B	C	0,83	0,00	563	250	950	1417,29	207,50
	2-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	2-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	2-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	2-E,F	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	2'-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	2'-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	2'-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	2'-E,F	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	3-A",A"	-	0,00	0,00	563	250	0	0,00	0,00
	3-A",B	-	0,00	0,00	563	250	950	950,00	0,00
	3-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	3-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	3-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	3-E,F	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	3'-A",A"	A	0,83	0,00	563	250	0	467,29	207,50
	3'-A",B	A	0,83	0,00	563	250	0	467,29	207,50
	3"-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	3"-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	3"-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	3"-E,F	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	3'''-A",A"	A	0,83	1,23	563	250	950	2109,78	515,00
	3'''-A",B	A	0,83	0,00	563	250	950	1417,29	207,50
	4-A",A"	-	0,00	0,00	563	250	950	950,00	0,00
	4-A",B	-	0,00	0,00	563	250	950	950,00	0,00
	4-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	4-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	4-D,E	I+I	1,51	1,23	563	250	0	1542,62	685,00
	4-E,F	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	4"-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	4"-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	1	1385,98	615,00
	4"-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	4"-E,F	I+I	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	5-A",B	C	0,83	1,66	563	250	950	2351,87	622,50
	5-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	5-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	5-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	5-E,F	I+I	1,51	1,66	563	250	0	1784,71	792,50
	5'-A",B	C+C	0,83	0,83	563	250	0	934,58	415,00
	5'-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	5'-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	5'-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	5'-E,F	I+I	1,51	1,51	563	250	0	1700,26	755,00
	6-A",B	C	0,83	0,00	563	250	950	1417,29	207,50
	6-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	6-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	590	1974,98	615,00
	6-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	590	2290,26	755,00

	6-E,F	I+I	1,51	1,51	563	250	590	2290,26	755,00
	6'-A'',B	-	0,00	0,00	563	250	950	950,00	0,00
	6"-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	6"-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	590	1974,98	615,00
	6"-D,D'	A+A	0,53	0,53	563	250	590	1186,78	265,00
	7-B,C	F	1,66	1,66	563	250	590	2459,16	830,00
	7-C,D	-	0,00	0,00	563	250	590	590,00	0,00
	7-D,E	-	0,00	0,00	563	250	590	590,00	0,00
	7-E,F	I	1,51	0,00	563	250	590	1440,13	377,50
	TABEL PEMBEBANAN								
Lantai	Line	Kode Plat	Perataan	Perataan	Berat Plat	Berat Plat	Berat	Beban Mati	Beban Hidup
			beban tipe	beban tipe	(beban mati)	(beban hidup)	dinding	(qD)	(qL)
LANTAI 10-19 MEMANJANG	A-3,3'	-	m	m	kg	kg	kg/m	kg/m	kg/m
	A-3',3'''	B	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00
	A-3'''',4	-	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00
	A"-1,1'	D	0,00	1,06	563	250	675	1271,78	265,00
	A"-1',2	D	0,00	1,06	563	250	675	1271,78	265,00
	A"-2,3	-	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00
	A"-3,3'	-	0,00	0,00	563	250	950	950	0,00
	A"-3',3'''	B+B	0,86	0,86	563	250	0	968,36	430,00
	A"-3'''',4	-	0,00	0,00	563	250	0	0	0,00
	A"-4,5	-	0,00	0,00	563	250	0	0	0,00
	A"-5,5'	D	1,06	0,00	563	250	675	1271,78	265,00
	A"-5',6	D	1,06	0,00	563	250	675	1271,78	265,00
	A"-6,6'	-	0,00	0,00	563	250	675	675	0,00
	B-1,1'	E+D	1,23	1,06	563	250	0	1289,27	572,50
	B-1',2	E+D	1,23	1,06	563	250	0	1289,27	572,50
	B-2,2'	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
	B-2',3	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
	B-3,3''	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
	B-3'',4	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
	B-4,4'	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
	B-4',5	E	1,23	0,00	563	250	950	1642,49	307,50
	B-5,5'	D+E	1,23	1,06	563	250	950	2239,27	572,50
	B-5',6	D+E	1,23	1,06	563	250	950	2239,27	572,50
	B-6,6'	E	1,23	0,00	563	250	0	692,49	307,50
	B-6'',7	E	1,23	0,00	563	250	675	1367,49	307,50
	C-1,1'	E+G	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-1',2	E+G	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-2,2'	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-2',3	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-3,3''	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-3'',4	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-4,4'	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-4',5	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-5,5'	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-5',6	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-6,6'	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	C-6'',7	G+E	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	D-1,1'	G+H	1,23	1,23	563	250	950	2334,98	615,00
	D-1',2	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-2,2'	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-2',3	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-3,3''	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-3'',4	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-4,4'	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-4',5	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-5,5'	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-5',6	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-6,6''	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	D-6'',7	G+H	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00



	E'-1,1'	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-1',2	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-2,2'	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-2',3	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-3,3"	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-3",4	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-4,4"	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-4",5	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-5,5'	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-5',6	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-6,6'	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	E'-6',7	H	0,00	1,23	563	250	675	1367,49	307,50
	1-A",B	C	0,83	0,00	563	250	590	1057,29	207,50
	1-B,C	F	1,66	0,00	563	250	590	1524,58	415,00
	1-C,D	G	1,23	0,00	563	250	590	1282,49	307,50
	1-D,E	I	1,51	0,00	563	250	590	1440,13	377,50
	1'-A",B	C+C	0,83	0,83	563	250	0	934,58	415,00
	1'-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	1'-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	1'-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	2-A",B	C	0,83	0,00	563	250	950	1417,29	207,50
	2-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	2-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	2-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	2'-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	2'-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	2'-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	3-A,A"	-	0,00	0,00	563	250	0	0,00	0,00
	3-A",B	-	0,00	0,00	563	250	950	950,00	0,00
	3-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	3-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	3-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	3'-A,A"	A	0,83	0,00	563	250	0	467,29	207,50
	3'-A",B	A	0,83	1,23	563	250	0	1159,78	515,00
	3"-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	3"-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	3"-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	3'''-A,A"	A	0,83	0,00	563	250	950	1417,29	207,50
	3'''-A",B	A	0,83	0,00	563	250	950	1417,29	207,50
	4-A,A"	-	0,00	0,00	563	250	950	950,00	0,00
	4-A"B	-	0,00	0,00	563	250	950	950,00	0,00
	4-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	4-C-D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	4-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	4"-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	4"-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	4"-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	5-A",B	C	0,83	0,00	563	250	950	1417,29	207,50
	5-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	5-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	5-D,E	I+I	0,53	0,53	563	250	950	1546,78	265,00
	5'-A",B	C+C	0,83	0,83	563	250	0	934,58	415,00
	5'-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	5'-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	0	1384,98	615,00
	5'-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	6-A",B	C	0,83	1,51	563	250	950	2267,42	585,00
	6-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	6-C,D	G+G	1,23	1,23	563	250	590	1974,98	615,00
	6-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00
	6'-A",B	-	0,00	0,00	563	250	950	950,00	0,00
	6"-B,C	F+F	1,66	1,66	563	250	0	1869,16	830,00
	6"-D,E	I+I	1,51	1,51	563	250	950	2650,26	755,00

7-B,C	F	1,66	1,66	563	250	590	2459,16	830,00
7-C,D	-	0,00	0,00	563	250	590	590,00	0,00
7-D,E	I	1,51	0,00	563	250	590	1440,13	377,50

### 3.5 Perencanaan Dimensi Balok dan Kolom

#### 3.5.1 Dimensi Balok

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.3 bahwa lebar balok (b) tidak boleh kurang dari 250 mm dan perbandingan lebar (b) terhadap dari 250 mm dan perbandingan lebar (b) terhadap tinggi (h) tidak boleh kurang dari 0,3.

- Untuk panjang balok induk = 7,4 m = 740 cm

$$h = \frac{1}{15} L \approx \frac{1}{10} L = \frac{1}{15} 740 \approx \frac{1}{10} 740$$

$$= 49,33 \text{ cm s/d } 74 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} h \approx \frac{2}{3} h = \frac{1}{2} 70 \approx \frac{2}{3} 70$$

$$= 35 \text{ cm s/d } 46,6667 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Dipakai balok induk berukuran 50 / 70

$$b/h = \frac{50}{70} = 0,7 > 0,3 \quad (\text{OK})$$

- Untuk panjang balok anak = 3,7 m = 370 cm

$$h = \frac{1}{15} L \approx \frac{1}{12} L = \frac{1}{15} 370 \approx \frac{1}{12} 370$$

$$= 24,67 \text{ cm s/d } 30,8333 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} h \approx \frac{2}{3} h = \frac{1}{2} 40 \approx \frac{2}{3} 40$$

$$= 20 \text{ cm s/d } 26,6667 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Dipakai balok anak berukuran 30 / 40

$$b/h = \frac{30}{40} = 0,75 > 0,3 \quad (\text{OK})$$

#### 3.5.2 Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.1 dan 26.6.1.2 bahwa ukuran penampang terkecil tidak boleh kurang dari 300 mm dan perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

- Dipakai kolom berukuran  $100 / 100$   
 $100 / 100 = 1,0 > 0,4$  (OK)

### 3.5.3 Dimensi Plat

Untuk lantai parkir 1 – 4 digunakan tebal plat = 15 cm, untuk Lantai 5-19 di gunakan tebal plat 15 cm, sedangkan untuk lantai atap digunakan tebal plat = 12 cm.

## 3.6 Perhitungan Pembebanan

### 3.6.1 Beban Mati (Dead Load)

#### • Beban Plat Lantai Atap

Berat sendiri plat	=	$0,12 \times 2400$	=	288	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi	=	$5 \times 21$	=	105	kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond+penggantung	=	$11 + 7$	=	18	kg/m <sup>2</sup>
		qd	=	411	kg/m <sup>2</sup>

#### • Beban Plat Lantai 5-19

Berat sendiri plat	=	$0,15 \times 2400$	=	360	kg/m <sup>2</sup>
Berat tegel keramik	=	$1 \times 21$	=	21	kg/m <sup>2</sup>
Berat Pasir	=	$5 \times 16$	=	80	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi	=	$2 \times 21$	=	42	kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond+penggantung	=	$11 + 7$	=	18	kg/m <sup>2</sup>
		qd	=	521	kg/m <sup>2</sup>

#### • Beban Plat Lantai 1-4

Berat sendiri plat	=	$0,15 \times 2400$	=	360	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi	=	$2 \times 21$	=	42	kg/m <sup>2</sup>
		qd	=	402	kg/m <sup>2</sup>

### 3.6.2 Beban Hidup (Live Load)

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 dan , beban hidup untuk lantai gedung yang berfungsi sebagai Hotel adalah :

- Beban hidup pada atap gedung = 100 kg/m<sup>2</sup>
- Beban hidup pada Lantai 1-19 gedung = 250 kg/m<sup>2</sup>

### 3.6.3 Beban Gempa (Earthquake Load)

- Lantai Atap

*Beban Mati*

#### Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,4 \times 13,9 \times 411 = 253653 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,29 \times 5,1 \times 2400 \times 32 = 113587 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,29 \times 3,85 \times 2400 \times 28 = 75.029 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 24 = 18748,8 \text{ kg}$$

#### Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} h \text{ lantai bawah}) \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 1,7 \times 2400 \times 31 = 126480 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding } \frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 1,85 \times 44,4 \times 1700 = 20945,7 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 1,85 \times 13,9 \times 1700 = 6557,325 \text{ kg}$$

$$\text{Wd Lantai Atap} = 615000,585 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reduksi} = 0,3$$

$$\text{Wl Lantai Atap} = 100 \times 0,3 \times 44,4 \times 13,9 = 18515 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai Atap} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 615000,585 + 18515 = 633515,385 \text{ kg}$$

- Lantai 10-19

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 13,9 \times 521 = 321540 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 32 = 107712 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 28 = 71148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 24 = 18748,8 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3,4 \times 2400 \times 31 = 252960 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times \frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 2,7 \times 118,4 \times 1700 = 81518,4 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 2,7 \times 94,10 \times 1700 = \underline{64787,850 \text{ kg}}$$

$$\text{Wd Lantai 10} = 918415,410 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reduksi} = 0,3$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 0,3 \times 44,40 \times 13,9 = 46287 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 10} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 918415,410 + 46287 = 964702,410 \text{ kg}$$



- Lantai 9

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 13,9 \times 521 = 321540 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 32 = 107712 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 28 = 71148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 24 = 18748,8 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3,9 \times 2400 \times 31 = 290160 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times \frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 3,2 \times 118,4 \times 1700 = 96614,4 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 3,2 \times 94,10 \times 1700 = \underline{76785,6 \text{ kg}}$$

$$\text{Wd Lantai 9} = 982709,160 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reduksi} = 0,3$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 0,3 \times 44,40 \times 13,9 = 46287 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 9} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 982709,160 + 46287 = 1028996,160 \text{ kg}$$

- Lantai 8

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 25 \times 521 = 578310 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 44 = 148104 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 41 = 104181 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 36 = 28123,2 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 4,4 \times 2400 \times 33 = 348480 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 3,7 \times 103,6 \times 1700 = 97746,6 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 3,7 \times 72,4 \times 1700 = \underline{68309,4 \text{ kg}}$$

$$\text{Wd Lantai 8} = 1373254,200 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reduksi} = 0,3$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 0,3 \times 44,40 \times 25 = 83250 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 8} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 1373254,200 + 83250 = 1456504,200 \text{ kg}$$

- Lantai 7

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 25 \times 521 = 578310 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 44 = 148104 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 41 = 104181 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 36 = 28123,2 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 4,4 \times 2400 \times 33 = 348480 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 3,7 \times 103,6 \times 1700 = 97746,6 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 3,7 \times 72,4 \times 1700 = \underline{68309,4 \text{ kg}}$$

$$\text{Wd Lantai 7} = 1373254,200 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reduksi} = 0,3$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 0,3 \times 44,40 \times 25 = 83250 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 7} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 1373254,200 + 83250 = 1456504,200 \text{ kg}$$

- Lantai 6

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 25 \times 521 = 578310 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 44 = 148104 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 41 = 104181 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 36 = 28123,2 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 4,4 \times 2400 \times 33 = 348480 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 3,7 \times 162 \times 1700 = 152847 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 3,7 \times 129 \times 1700 = \underline{121994,550 \text{ kg}}$$

$$\text{Wd Lantai 6} = 1482039,750 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reduksi} = 0,3$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 0,3 \times 44,40 \times 25 = 83250 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 6} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 1482039,750 + 83250 = 1565289,750 \text{ kg}$$

- Lantai 5

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 25 \times 521 = 578310 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 44 = 148104 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 41 = 104181 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 36 = 28123,2 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 4,4 \times 2400 \times 33 = 348480 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 1,85 \times 162 \times 1700 = 76423,5 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 1,85 \times 129,3 \times 1700 = \underline{60997,275 \text{ kg}}$$

$$\text{Wd Lantai 5} = 1344618,975 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reduksi} = 0,3$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 0,3 \times 44,40 \times 25 = 83250 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 5} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 1344618,975 + 83250 = 1427868,975 \text{ kg}$$

- Lantai 4

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 15,4 \times 402 = 274872 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 32 = 107712 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 28 = 71148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 20 = 15624 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3,7 \times 2400 \times 33 = 293040 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 1 \times 83,60 \times 1700 = 21318 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 1 \times 42 \times 1700 = 10710 \text{ kg}$$

$$\text{Wd Lantai 4} = 794423,520 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 44,40 \times 15,4 = 170940 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 4} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 794423,520 + 170940 = 965363,520 \text{ kg}$$



- Lantai 3.b

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 9,6 \times 402 = 171348 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 7,4 \times 2400 \times 18 = 87912 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 4,8 \times 2400 \times 14 = 44352 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 4,8 \times 2400 \times 10 = 9676,8 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3 \times 2400 \times 21 = 151200 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 1 \times 51,80 \times 1700 = 13209 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 1 \times 35 \times 1700 = 8925,0 \text{ kg}$$

$$\text{Wd Lantai 3.b} = 486623,280 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 44,40 \times 9,6 = 106560 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 3.b} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 486623,280 + 106560 = 593183,280 \text{ kg}$$

- Lantai 3.a

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 15,4 \times 402 = 274872 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 32 = 107712 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 28 = 71148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 20 = 15624 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3 \times 2400 \times 17 = 122400 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 1 \times 83,60 \times 1700 = 21318 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 1 \times 42 \times 1700 = 10710,0 \text{ kg}$$

$$\text{Wd Lantai 3.a} = 623783,520 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 44,40 \times 15,4 = 170940 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 3.a} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 623783,520 + 170940 = 794723,520 \text{ kg}$$

- Lantai 2.b

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 9,6 \times 402 = 171348 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 18 = 60588 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 4,8 \times 2400 \times 14 = 44352 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,85 \times 2400 \times 10 = 7761,6 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3 \times 2400 \times 21 = 151200 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 1 \times 51,80 \times 1700 = 13209 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 1 \times 35 \times 1700 = 8925,0 \text{ kg}$$

$$\text{Wd Lantai 2.b} = 457384,080 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 44,40 \times 9,6 = 106560 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 2.b} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 457384,080 + 106560 = 563944,080 \text{ kg}$$

- Lantai 2.a

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 15,4 \times 402 = 274872 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 32 = 107712 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 3,85 \times 2400 \times 28 = 71148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 3,875 \times 2400 \times 20 = 15624 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah} \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3 \times 2400 \times 17 = 122400 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 1 \times 83,60 \times 1700 = 21318 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 1 \times 42 \times 1700 = 10710,0 \text{ kg}$$

$$\text{Wd Lantai 2.a} = 623783,520 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 44,40 \times 15,4 = 170940 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 2.a} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 623783,520 + 170940 = 794723,520 \text{ kg}$$

- Lantai 1.b

#### *Beban Mati*

##### Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 44,40 \times 9,6 \times 402 = 171348 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 32 = 107712 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 4,8 \times 2400 \times 28 = 88704 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 4,84 \times 2400 \times 20 = 19514,88 \text{ kg}$$

##### Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3 \times 2400 \times 21 = 151200 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 1 \times 51,80 \times 1700 = 13209 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 1 \times 35 \times 1700 = 8925,0 \text{ kg}$$

$$\text{Wd Lantai 1.b} = 560613,360 \text{ kg}$$

#### *Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 44,40 \times 9,6 = 106560 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 1.b} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 560613,360 + 106560 = 667173,360 \text{ kg}$$

- Lantai 1.a

*Beban Mati*

Elemen Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai} &= \text{luas lantai} \times \text{qd lantai} \\ &= 29,60 \times 15,4 \times 402 = 183248 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Balok} = A \times L \times B_j \times \Sigma \text{ balok}$$

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 5,1 \times 2400 \times 18 = 60588 \text{ kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (50/70)} = 0,28 \times 4,8 \times 2400 \times 14 = 44352 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (30/40)} = 0,08 \times 4,84 \times 2400 \times 10 = 9757,44 \text{ kg}$$

Elemen Vertical

$$\text{Berat Kolom} = A \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times B_j \times \Sigma \text{ kolom}$$

$$\text{Kolom (100/100)} = 1 \times 3 \times 2400 \times 17 = 122400 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Dinding} = b \times \text{Tinggi Dinding} \times (\frac{1}{2} \text{ lantai atas} + \frac{1}{2} \text{ lantai bawah}) \times L \times B_j$$

$$\text{Memanjang} = 0,15 \times 3,2 \times 83,60 \times 1700 = 68217,6 \text{ kg}$$

$$\text{Melintang} = 0,15 \times 3,2 \times 42 \times 1700 = 34272,0 \text{ kg}$$

$$\text{Wd Lantai 1.a} = 522834,720 \text{ kg}$$

*Beban Hidup*

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Wl Lantai} = 250 \times 29,60 \times 15,4 = 113960 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 1.a} = \text{Wd} + \text{Wl}$$

$$= 522834,720 + 113960 = 636794,720 \text{ kg}$$

**Berat Total Bangunan**

Berat Total Lantai 1.a	=	636794,720	kg
Berat Total Lantai 1.b	=	667173,360	kg
Berat Total Lantai 2.a	=	794723,520	kg
Berat Total Lantai 2.b	=	563944,080	kg
Berat Total Lantai 3.a	=	794723,520	kg
Berat Total Lantai 3.b	=	593183,280	kg
Berat Total Lantai 4	=	794423,520	kg
Berat Total Lantai 5	=	1344618,975	kg
Berat Total Lantai 6	=	1565289,750	kg
Berat Total Lantai 7	=	1456504,200	kg
Berat Total Lantai 8	=	1456504,200	kg
Berat Total Lantai 9	=	1028996,160	kg
Berat Total Lantai 10	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 11	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 12	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 13	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 14	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 15	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 16	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 17	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 18	=	964702,410	kg
Berat Total Lantai 19	=	964702,410	kg
Atap	=	<u>633515,385</u>	kg
Wt	=	21977418,770	kg





### 3.7 Perhitungan Beban Gempa

#### 3.7.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan & Faktor Keutamaan

Kategori risiko struktur bangunan dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut :

*Tabel 3.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa*

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI-1726 -2012

Berdasarkan fungsi gedung Salak Tower Hote yakni : Hotel, maka gedung ini termasuk dalam kategori risiko : **II**

Adapun faktor keutamaan gempa gedung ini ditentukan berdasarkan tabel berikut

*Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa*

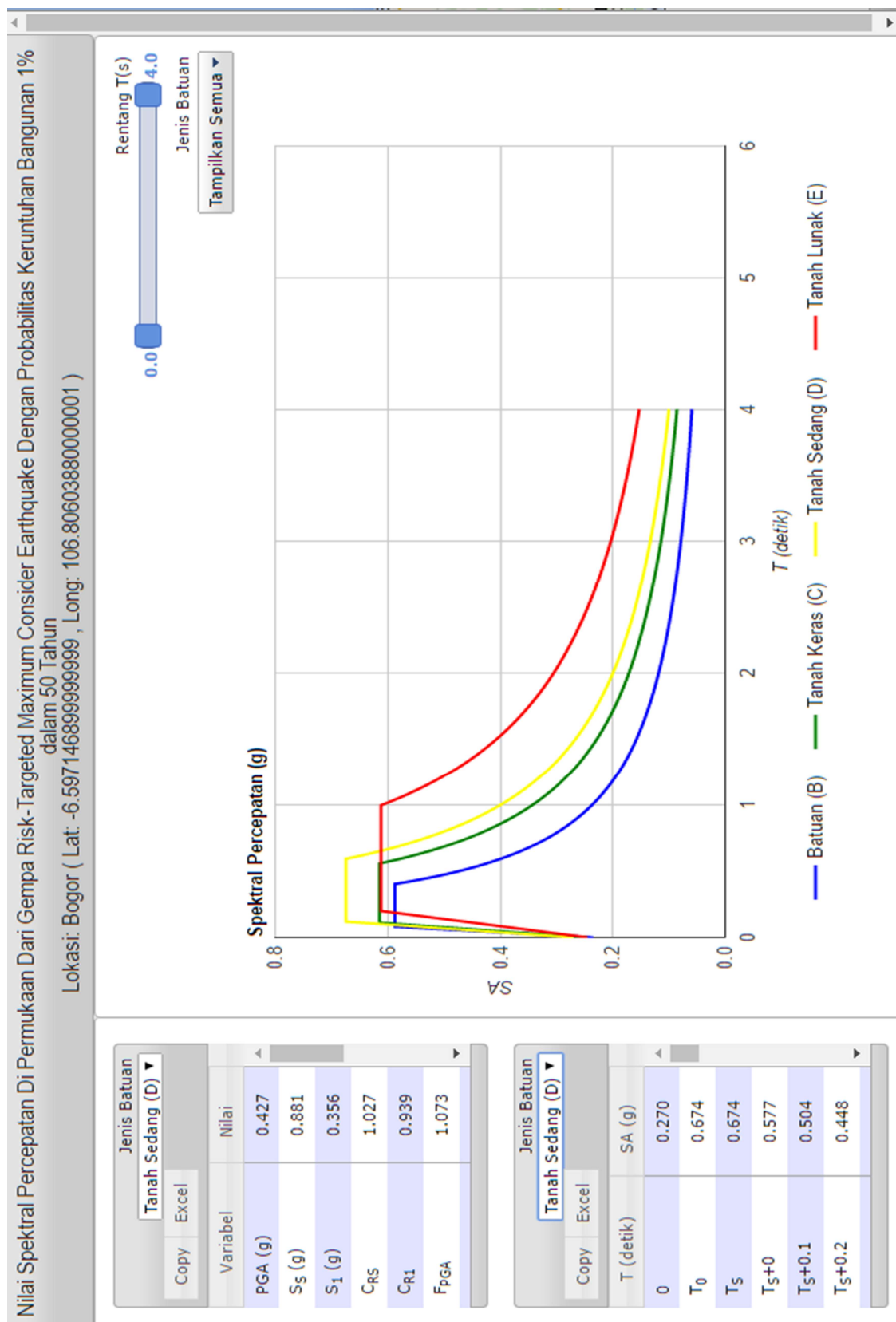
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI-1726 -2012

Berdasarkan kategori risiko gedung ini yakni : II, maka faktor keutamaan gempa yakni : **1,0**

### 3.7.2 Parameter Percepatan Gempa ( $S_s$ , $S_1$ )

Menentukan nilai parameter percepatan gempa dapat menggunakan bantuan [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) untuk wilayah Surabaya, sebagai berikut :



Gambar 3.1 Nilai Parameter Percepatan Gempa

Berdasarkan hasil penelurusan tersebut, dapat diketahui nilai parameter yakni :

$S_s$  : 0,881 g

$S_1$  : 0,356 g

### 3.7.3 Kategori Desain Seismik (KDS)

#### 1) Menentukan klasifikasi dan koefisien kelas situs

Klasifikasi situs dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 3.4 Klasifikasi Kelas Situs Tanah

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$ , dan 3. <del>Kuat geser tidak</del> $\bar{s}_u < 25 kPa$		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:		
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah,</li><li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m),</li><li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas, <math>PI &gt; 75</math>),</li><li>- Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>s_u &lt; 50</math> kPa.</li></ul>		

Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : SNI-1726 -2012

Dengan mengetahui klasifikasi situs tanah yakni : **Tanah Sedang** , maka dapat ditentukan koefisien  $F_a$  dan  $F_v$  sesuai tabel berikut :

Tabel 3.5 Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik ( $S_S$ )				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

Sumber : SNI-1726 -2012

Catatan :

(a) Untuk nilai nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linear)

(b)  $SS$  = Situs yg memerlukan inversigasi geoteknik spesifik & analisis respon situs spesifik

Untuk mendapatkan nilai koefisien Fa dilakukan interpolasi linear, sebagai brkt :

Dengan mengetahui nilai  $S_s$  : 0,881 dan berdasarkan tabel diatas maka diketahui

nilai  $S_s$  berada diantara :

untuk  $S_{s1} = 0,75$   $F_{a1} = 1,2$

untuk  $S_{s2} = 1$   $F_{a2} = 1,1$

Sehingga dapat diinterpolasi sebagai berikut :

$$F_a = F_{a2} + \left[ \frac{S_s - S_{s2}}{S_{s1} - S_{s2}} \right] \times F_{a1} - F_{a2}$$

$$F_a = 1,1 + \left[ \frac{0,881 - 1,000}{0,750 - 1,000} \right] \times (1,2 - 1,1) = 1,1476$$

$$\left( \begin{array}{l} F_a = F_{a1} + \left[ \frac{S_s - S_{s1}}{S_{s2} - S_{s1}} \right] \times F_{a2} - F_{a1} \\ F_a = 1,2 + \left[ \frac{0,881 - 0,750}{1,000 - 0,750} \right] \times (1,1 - 1,2) = 1,1476 \end{array} \right)$$

Dengan demikian untuk  $S_s = 0,881$  diperoleh  $F_a = 1,1476$

Tabel 3.6 Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda 1 detik ( $S_I$ )				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

Sumber : SNI-1726 -2012

Catatan :

(a) Untuk nilai nilai antara Ss dapat dilakukan interpolasi linear)

(b) SS = Situs yg memerlukan inversigasi geoteknik spesifik & analisis respon situs spesifik

Untuk mendapatkan nilai koefisien Fa dilakukan interpolasi linear, sebagai brkt :

Dengan mengetahui nilai  $S_1$  : 0,356 dan berdasarkan tabel diatas maka diketahui

nilai  $S_1$  berada diantara :

$$F_{V_x} = 1,8 \text{ untuk } S_{s_x} = 0,3$$

$$F_{V_y} = 2,0 \text{ untuk } S_{s_y} = 0,2$$

Sehingga dapat diinterpolasi sebagai berikut :

$$F_v = F_{V_x} + \left[ \frac{S_1 - S_{1_x}}{S_{1_y} - S_{1_x}} \right] \times (F_{V_y} - F_{V_x})$$

$$F_v = 1,8 + \left[ \frac{0,356 - 0,300}{0,200 - 0,300} \right] \times [2 - 1,8] = 1,688$$

Dengan demikian untuk  $S_1 = 0,356$  diperoleh  $F_v = 1,688$

2) Menentukan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$

Dengan mengetahui klasifikasi dan koefisien kelas situs maka dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times F_a \times S_s \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,1476 \times 0,881 \\
 &= 0,67402 \text{ g}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \times F_v \times S_1 \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,688 \times 0,356 \\
 &= 0,40062 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menentukan kategori desain seismik berdasarkan tabel dibawah ini :

*Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda pendek*

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI-1726 -2012

Diketahui nilai  $S_{DS} = 0,67402 \text{ g} > 0,5$  Untuk Kategori Risiko : II maka termasuk kategori desain seismik **D**

*Tabel 3.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik*

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI-1726 -2012

Diketahui nilai  $S_{D1} = 0,40062 \text{ g} > 0,2$  Untuk Kategori Risiko : II maka termasuk kategori desain seismik **D**

### 3.7.4 Spectrum Respons Design

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_0 = 0,2 \times \frac{0,40062}{0,67402} \quad T_s = \frac{0,4006}{0,674}$$

$$= 0,11887 \text{ detik} \quad = 0,5944 \text{ detik}$$

Untuk  $T = 0$ , maka :  $S_a = S_{DS} \times 0,4$

$$= 0,674 \times 0,4$$

$$= 0,2696 \text{ detik}$$

Untuk  $T < T_0$ , maka :  $S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$

$$S_a = 0,67 \left( 0,4 + 0,6 \frac{0,01}{0,11887} \right)$$

$$= 0,3036 \text{ detik} , \text{ selanjutnya ditabelkan yakni :}$$

*Tabel 3.9 Nilai Sa untuk  $T < T_0$*

T	Sa	T	Sa
0,01	0,30363	0,06	0,4737324
0,02	0,33765	0,07	0,5077529
0,03	0,371671	0,08	0,5417733
0,04	0,405691	0,09	0,5757938
0,05	0,439712	0,1	0,6098143

Untuk  $t = T_0$  s/d  $t = T_s$  maka  $S_a = S_{DS} = 0,67402 \text{ detik}$

Untuk  $T_s < T < 1,0$ , maka :

$$S_a = \frac{SD1}{T}, \text{ misalkan } T = 0,63$$

$$= \frac{0,40062}{0,63} = 0,6359 \text{ detik, selanjutnya ditampilkan dlm tabel dibawah}$$

Tabel 3.10 Nilai Sa untuk  $T_s < T < 1.0$

T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa
0,63	0,6359	0,7	0,57231	0,8	0,5203	0,84	0,47693	0,91	0,44024
0,64	0,62597	0,71	0,56425	0,8	0,5136	0,85	0,47132	0,92	0,43546
0,65	0,61634	0,72	0,55641	0,8	0,5071	0,86	0,46584	0,93	0,43077
0,66	0,607	0,73	0,54879	0,8	0,5008	0,87	0,46048	0,94	0,42619
0,67	0,59794	0,74	0,54138	0,8	0,4946	0,88	0,45525	0,95	0,4217
0,68	0,58915	0,75	0,53416	0,8	0,4886	0,89	0,45013	0,96	0,41731
0,69	0,58061	0,76	0,52713	0,8	0,4827	0,9	0,44513	0,97	0,41301

Untuk  $T = 1,0$  maka :

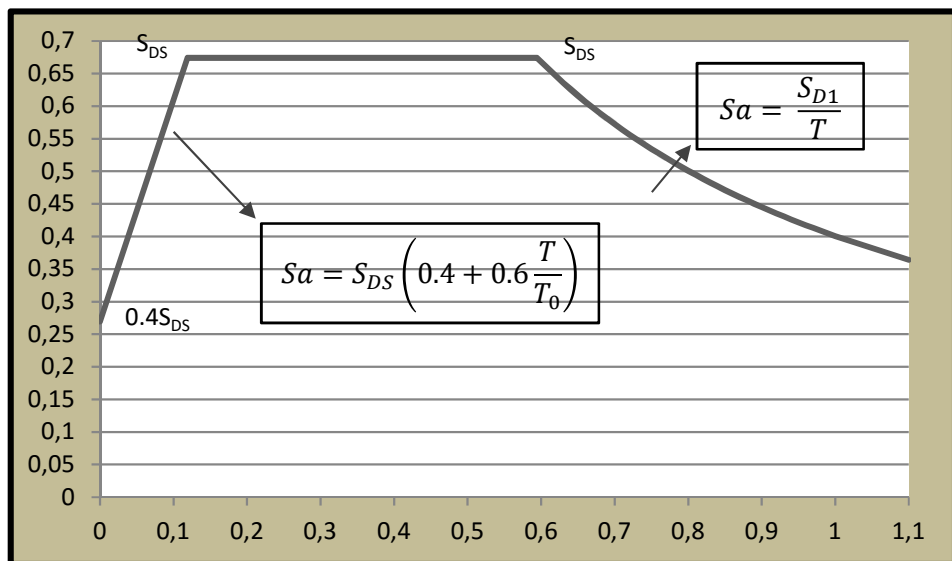
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$S_a = \frac{0,40062}{1,0}$$

$$= 0,40062 \text{ detik}$$

Dengan demikian, diperoleh grafik respon spektrum sebagai berikut :

Grafik 3.2 Desain Respon Spektrum



Sumber : SNI-1726 -2012

### 3.7.5 Batasan Perioda Fundamental Struktur

Struktur pada gedung ini memiliki ketinggian mencapai 17 lantai + atap yakni lebih besar dari 12 tingkat. Sehingga perioda fundamental ( $T_a$ ) ditentukan sebagai berikut :

$$T_a = C_t h_n^x \quad \text{Dimana :}$$

$$h_n = \text{ketinggian struktur (dari dasar hingga tingkat tertinggi struktur)} \\ = 72 \text{ m}$$

$$C_t = \text{diperoleh dari tabel 4.11}$$

$$x = \text{diperoleh dari tabel 4.11}$$

*Tabel 3.11 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yg Dihitung*

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik ( $S_{D1}$ )	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI-1726 -2012

Diketahui  $S_{D1} = 0,40062 \text{ g}$  maka koefisien  $C_u = 1,4$

*Tabel 3.12 Nilai Parameter Perioda Pendekatan  $C_t$  dan  $x$*

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka Baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua system struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

Sumber : SNI-1726 -2012

Dengan demikian diperoleh :  $C_t = 0,0466$  &  $x = 0,9$

• Arah x

$$\begin{aligned} T_a &= C_t h_n^x \\ &= 0,0466 \times 72^{0,9} \\ &= 2,18769 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\max} &= C_u \cdot T_a \\ &= 1,4 \times 2,18769 \\ &= 3,06276 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$T_a < T_{\max} \quad \text{..... OK}$$

• Arah y

$$\begin{aligned} T_a &= C_t h_n^x \\ &= 0,0466 \times 72^{0,9} \\ &= 2,18769 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\max} &= C_u \cdot T_a \\ &= 1,4 \times 2,18769 \\ &= 3,06276 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$T_a < T_{\max} \quad \text{..... OK}$$

### 3.7.6 Pemilihan Parameter Sistem Struktur ( $R$ , $C_d$ dan $\Omega_0$ )

Tabel 3.13 (Faktor  $R$ ,  $C_d$  dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>h,i</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI

Sumber : SNI-1726 -2012

Dari Tabel diatas maka di dapat nilai Faktor  $R$ ,  $C_d$  dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya dengan menggunakan Sistem rangka beton bertulang momen khusus adalah sebagai berikut :

$$R = 8,00$$

$$C_d = 5,50$$

$$\Omega_0 = 3,00$$

### 3.7.7 Perhitungan Nilai *Base Shear*

Perhitungan Geser Dasar Seismik, sebagai berikut :

$$V = C_s \times W$$

Dimana :

$W$  = Berat seismik efektif

$C_s$  = Koefisien respons seismik, perhitungan nilai  $C_s$  yakni :

$$= \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} = \frac{0,674023733}{(8 / 1)} = 0,084253$$

Dengan syarat :

- Nilai  $C_s$  tidak perlu melebihi berikut ini  $= \frac{S_{D1}}{T \times (R/I_e)}$

$$C_{S \max} = \frac{0,400619}{2,19 \times (8 / 1)} = 0,0228905$$

- Tidak kurang dari :  $C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$

$$\begin{aligned} C_{S \min} &= 0,044 S_{DS} I_e \\ &= 0,044 \times 0,674 \times 1 \\ &= 0,024714 \end{aligned}$$

$$C_{S \min} \geq 0,01$$

Digunakan  $C_s \min = 0,0247142$

- Untuk  $S1 \geq 0,6$  g, nilai  $C_s$  harus tidak kurang dari :

$$C_{S \min} = \frac{0,5 \times S_1}{(R/I_e)}$$

Karena nilai  $S1 = 0,356 < 0,6$  maka rumusan ini tidak digunakan.

Sehingga,

$$Cs_{\min} = 0,02289 < Cs_{\max} = 0,02289 < Cs = 0,08425$$

$$\text{Maka digunakan } Cs_x = 0,022891$$

$$Cs_y = 0,022891$$

Sehingga nilai  $V_x$  dan  $V_y$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_x &= Cs_x \cdot W \\ &= 0,02289 \times 21977418,77 \\ &= 503074,97 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_y &= Cs_y \cdot W \\ &= 0,02289 \times 21977418,77 \\ &= 503074,97 \text{ Kg} \end{aligned}$$

### 3.7.8 Perhitungan Gaya Gempa Lateral (F)

Gaya gempa lateral dihitung dengan rumus :

$$F = C_v \cdot V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Dimana :

$C_v$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya lateral design total atau geser di dasar struktur

$w_i$  &  $w_x$  = Bagian berat seismik sfektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$h_i$  &  $h_x$  = Tinggi (m) dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$

$K$  = E  
ks

- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 detik atau kurang ,  $K = 1$
- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 2,5



detik atau lebih ,  $K = 2$

- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 dan 2,5 detik k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Dengan  $T_a = 2,187687$  detik, dan

$K_1 = 1,0$  untuk  $T_{a1} = 0,5$  diinterpolasi sebagai berikut :

$K_2 = 2,0$  untuk  $T_{a2} = 2,5$

$$K = K_1 + \frac{\left[ T_a - T_{a1} \right]}{\left[ T_{a2} - T_{a1} \right]} \times \left[ K_2 - K_1 \right]$$
$$K = 1 + \frac{\left[ 2,1877 - 0,500 \right]}{\left[ 2,500 - 0,500 \right]} \times \left[ 2 - 1 \right]$$
$$= 1,8438434$$

Maka digunakan  $K_x = 1,8438434$

$K_y = 1,8438434$

Tabel 3.14 (Faktor Distribusi Vertikal)

Lantai	Berat (Wi)	Tinggi (hi)	$hi^{Kx}$	$hi^{Ky}$	$Wi \times hi^{Kx}$	$Wi \times hi^{Ky}$
	Kg	m	m	m	kgm	kgm
Atap	633515,385	75,8	2925,05	2925,05	1853061237	1853061237
Lantai 19	964702,41	72,4	2685,76	2685,76	2590956518	2590956518
Lantai 18	964702,41	69,0	2457,82	2457,82	2371063594	2371063594
Lantai 17	964702,41	65,6	2239,17	2239,17	2160128537	2160128537
Lantai 16	964702,41	62,2	2029,87	2029,87	1958222348	1958222348
Lantai 15	964702,41	58,8	1830,02	1830,02	1765420415	1765420415
Lantai 14	964702,41	55,4	1639,68	1639,68	1581803059	1581803059
Lantai 13	964702,41	52,0	1458,95	1458,95	1407456162	1407456162
Lantai 12	964702,41	48,9	1302,63	1302,63	1256650264	1256650264
Lantai 11	964702,41	45,2	1126,72	1126,72	1086949867	1086949867
Lantai 10	964702,41	41,8	975,428	975,428	940997827	940997827
Lantai 9	1028996,16	38,4	834,178	834,178	858365974	858365974
Lantai 8	1456504,2	34,0	666,511	666,511	970776156	970776156
Lantai 7	1456504,2	29,6	516,216	516,216	751870968	751870968
Lantai 6	1565289,75	20,8	269,341	269,341	421596677	421596677
Lantai 5	1344618,98	16,4	173,773	173,773	233658239	233658239
Lantai 4	794423,52	13,4	119,73	119,73	95116724,4	95116724,4
Lantai 3.b	593183,28	11,9	96,1923	96,1923	57059651,3	57059651,3
Lantai 3.a	794723,52	10,4	75,0326	75,0326	59630207,5	59630207,5
Lantai 2.b	563944,08	8,9	56,3024	56,3024	31751378,2	31751378,2
Lantai 2.a	794723,52	7,4	40,0615	40,0615	31837816,3	31837816,3
Lantai 1.b	667173,36	8,9	56,3024	56,3024	37563429,4	37563429,4
Lantai 1.a	636794,72	4,4	15,3612	15,3612	9781950,31	9781950,31
<b>TOTAL</b>	21977418,8				22531718999	22531718999

*Tabel 3.15 (Gaya Gempa Lateral Per Lantai)*

Lantai	Cv <sub>x</sub>	Cv <sub>y</sub>	V <sub>x</sub> (Kg)	V <sub>y</sub> (Kg)	F <sub>x</sub> (Kg)	F <sub>y</sub> (Kg)
Atap	0,0822423	0,082242	503075	503075	41374,062	41374,062
Lantai 19	0,1149915	0,114992	503075	503075	57849,354	57849,354
Lantai 18	0,1052323	0,105232	503075	503075	52939,714	52939,714
Lantai 17	0,0958706	0,095871	503075	503075	48230,08	48230,08
Lantai 16	0,0869096	0,08691	503075	503075	43722,037	43722,037
Lantai 15	0,0783527	0,078353	503075	503075	39417,269	39417,269
Lantai 14	0,0702034	0,070203	503075	503075	35317,569	35317,569
Lantai 13	0,0624655	0,062466	503075	503075	31424,854	31424,854
Lantai 12	0,0557725	0,055772	503075	503075	28057,748	28057,748
Lantai 11	0,0482409	0,048241	503075	503075	24268,778	24268,778
Lantai 10	0,0417633	0,041763	503075	503075	21010,046	21010,046
Lantai 9	0,0380959	0,038096	503075	503075	19165	19165,091
Lantai 8	0,0430849	0,043085	503075	503075	21674,919	21674,919
Lantai 7	0,0333694	0,033369	503075	503075	16787,333	16787,333
Lantai 6	0,0187113	0,018711	503075	503075	9413,1627	9413,1627
Lantai 5	0,0103702	0,01037	503075	503075	5216,9838	5216,9838
Lantai 4	0,0042215	0,004221	503075	503075	2123,7103	2123,7103
Lantai 3.b	0,0025324	0,002532	503075	503075	1273,9943	1273,9943
Lantai 3.a	0,0026465	0,002647	503075	503075	1331,3882	1331,3882
Lantai 2.b	0,0014092	0,001409	503075	503075	708,9261	708,9261
Lantai 2.a	0,001413	0,001413	503075	503075	710,85605	710,85605
Lantai 1.b	0,0016671	0,001667	503075	503075	838,69417	838,69417
Lantai 1.a	0,0004341	0,000434	503075	503075	218,40564	218,40564
<b>TOTAL</b>					503074,97	503074,97

Tabel 3.16 (Reduksi Gempa orthogonal )

Lantai	Fx (Kg)	Fx (30%)	Fy (Kg)	Fy (30%)
Atap	41374,062	12412,22	41374,062	12412,22
Lantai 19	57849,354	17354,81	57849,354	17354,81
Lantai 18	52939,714	15881,91	52939,714	15881,91
Lantai 17	48230,08	14469,02	48230,08	14469,02
Lantai 16	43722,037	13116,61	43722,037	13116,61
Lantai 15	39417,269	11825,18	39417,269	11825,18
Lantai 14	35317,569	10595,27	35317,569	10595,27
Lantai 13	31424,854	9427,46	31424,854	9427,46
Lantai 12	28057,748	8417,32	28057,748	8417,32
Lantai 11	24268,778	7280,63	24268,778	7280,63
Lantai 10	21010,046	6303,01	21010,046	6303,01
Lantai 9	19165	5749,53	19165,091	5749,53
Lantai 8	21674,919	6502,48	21674,919	6502,48
Lantai 7	16787,333	5036,20	16787,333	5036,20
Lantai 6	9413,1627	2823,95	9413,1627	2823,95
Lantai 5	5216,9838	1565,10	5216,9838	1565,10
Lantai 4	2123,7103	637,11	2123,7103	637,11
Lantai 3.b	1273,9943	382,20	1273,9943	382,20
Lantai 3.a	1331,3882	399,42	1331,3882	399,42
Lantai 2.b	708,9261	212,68	708,9261	212,68
Lantai 2.a	710,85605	213,26	710,85605	213,26
Lantai 1.b	838,69417	251,61	838,69417	251,61
Lantai 1.a	218,40564	65,52	218,40564	65,52

### 3.8 Simpangan Antarlantai (*Story Drift*) $\Delta_a$

Berdasarkan SNI 1726-2012, simpangan antarlantai hanya ada kondisi kinerja batas ultimit saja.

Perhitungan simpangan antarlantai (*story drift*) kinerja batas ultimit pada lantai 7 :

- Nilai perpindahan elastis (*total drift*) dari ETABS yang dihitung akibat gaya gempa pada lantai 7. Jadi nilai  $\delta_{e7} = 29,3 \text{ mm}$
- Nilai perpindahan elastis (*total drift*) dari ETABS yang dihitung akibat gaya gempa pada lantai 6. Jadi nilai  $\delta_{e6} = 23,1 \text{ mm}$
- Hitung simpangan atau perpindahan antarlantai untuk lantai 7 yaitu dengan persamaan :  $(\delta_{e7} - \delta_{e6}) = 29,3 - 23,1 = 6,2 \text{ mm}$
- Hitung nilai perpindahan antarlantai (*story drift*) yang diperbesar, yaitu :

$$\frac{(\delta_{e7} - \delta_{e6}) C_d}{I_e} = 34,100 \text{ mm}$$

Story Drift  $\Delta_a$  antarlantai tidak boleh lebih besar dari :

$$\Delta_a = 0,020 h_{sx} \dots\dots\dots \text{SNI 1726-2012 hal 66}$$

Untuk lantai 9 dimana  $h = 4,40 \text{ m}$  , maka :

$$\Delta_a = 0,020 \times 4,40 = 0,09 \text{ m} = 88 \text{ mm}$$

Untuk lantai 8 dimana  $h = 4,40 \text{ m}$  , maka :

$$\Delta_a = 0,020 \times 4,40 = 0,09 \text{ m} = 88 \text{ mm}$$

Untuk lantai 7,6 dan 5 dimana  $h = 4,40 \text{ m}$  , maka :

$$\Delta_a = 0,020 \times 4,40 = 0,09 \text{ m} = 88 \text{ mm}$$

- Cek nilai simpangan antarlantai (*story drift*) pada lantai 7, yaitu

$$34,100 \text{ mm} < 88 \text{ mm} \quad \text{OK !}$$

Hasil perhitungan simpangan antarlantai (*story drift*) selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3.17 Perhitungan *Story Drift* kinerja batas ultimit arah x**

Lantai	Total Drift	Perpindahan	Story Drift	Story Drift Izin	Story Drift < $\Delta_a$
	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_a$	
Atap	78,3	1,900	10,45	68	OK
19	76,4	2,200	12,1	68	OK
18	74,2	2,500	13,75	68	OK
17	71,7	2,800	15,4	68	OK
16	68,9	3,100	17,05	68	OK
15	65,8	3,400	18,7	68	OK
14	62,4	3,600	19,8	68	OK
13	58,8	3,900	21,45	68	OK
12	54,9	4,100	22,55	68	OK
11	50,8	4,300	23,65	68	OK
10	46,5	4,600	25,3	68	OK
9	41,9	6,500	35,75	88	OK
8	35,4	6,100	33,55	88	OK
7	29,3	6,200	34,1	88	OK
6	23,1	6,000	33	88	OK
5	17,1	3,600	19,8	88	OK
4	13,5	1,800	9,9	30	OK
3.B	11,7	1,600	8,8	30	OK
3.A	10,1	1,600	8,8	30	OK
2.B	8,5	1,600	8,8	30	OK
2.A	6,9	1,600	8,8	30	OK
1.B	5,3	1,700	9,35	30	OK
1.A	3,6	3,600	19,8	30	OK

**Tabel 3.18 Perhitungan *Story Drift* kinerja batas ultimit arah y**

Lantai	Total Drift	Perpindahan	Story Drift	Story Drift Izin	Story Drift < $\Delta_a$
	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_a$	
Atap	82,2	1,200	6,6	68	OK
19	81	1,700	9,35	68	OK
18	79,3	2,100	11,55	68	OK
17	77,2	2,500	13,75	68	OK
16	74,7	2,900	15,95	68	OK
15	71,8	3,200	17,6	68	OK
14	68,6	3,600	19,8	68	OK
13	65	3,900	21,45	68	OK
12	61,1	4,300	23,65	68	OK
11	56,8	4,500	24,75	68	OK
10	52,3	5,000	27,5	68	OK
9	47,3	4,900	26,95	88	OK
8	42,4	7,300	40,15	88	OK
7	35,1	7,500	41,25	88	OK
6	27,6	7,300	40,15	88	OK
5	20,3	4,500	24,75	88	OK
4	15,8	2,100	11,55	30	OK
3.B	13,7	1,900	10,45	30	OK
3.A	11,8	1,900	10,45	30	OK
2.B	9,9	1,800	9,9	30	OK
2.A	8,1	1,900	10,45	30	OK
1.B	6,2	2,000	11	30	OK
1.A	4,2	4,200	23,1	30	OK



### 3.9 Kombinasi Pembebanan

Agar suatu struktur atau komponen memenuhi syarat keamanan dan kelayakan pakai terhadap macam-macam kombinasi yang ada, maka harus diperhitungkan faktor-faktor beban menurut SNI 1727-2013 sebagai berikut :

#### No. Kombinasi Pembebanan

1.  $U = 1,4 D$
2.  $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3.  $U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$
4.  $U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5.  $U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$
6.  $U = 0,9 D + 1,0 W$
7.  $U = 0,9 D + 1,0 E$

#### 3.6.1 Pengaruh Beban gempa Vertikal

Pengaruh beban gempa vertikal  $E_v$ , harus ditentukan sesuai dengan persamaan :

$$E_v = 0,2 S_{Ds} D$$

Dari program spektra, diperoleh  $S_{Ds} = 0,674$  g. Berdasarkan tabel 3.4, karena nilai  $S_{Ds} > 0,50$ , maka gedung tersebut termasuk dalam kategori desain seismik D dengan faktor redundansi ( $\rho$ ) sebesar 1,3. dengan mensubstitusikan nilai tersebut ke dalam kombinasi pembebanan, maka diperoleh :

#### 3.6.2 Kombinasi Beban yang Digunakan

1.  $1,4 D$
2.  $1,2 DL + 1,6 LL$
3.  $\left[ 1,2 + 0,2 S_{Ds} \right] D \pm \rho Q_{ex} \pm 0,3 \rho Q_{ey} + L$   
 $1,335 D + 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey} + 1 L$   
 $1,335 D + 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey} + 1 L$

$$\begin{aligned}
& 1,335 \text{ D} - 1,3 \text{ Q}_{\text{ex}} + 0,39 \text{ Q}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} - 1,3 \text{ Q}_{\text{ex}} - 0,39 \text{ Q}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
4. & \left[ 1,2 \text{ } + 0,2 \text{ S}_{\text{Ds}} \right] \text{D} \pm 0,3 \text{ } \rho \text{ Q}_{\text{ex}} \pm \rho \text{Q}_{\text{ey}} + \text{L} \\
& 1,335 \text{ D} + 0,39 \text{ Q}_{\text{ex}} + 1,3 \text{ Q}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} + 0,39 \text{ Q}_{\text{ex}} - 1,3 \text{ Q}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} - 0,39 \text{ Q}_{\text{ex}} + 1,3 \text{ Q}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} - 0,39 \text{ Q}_{\text{ex}} - 1,3 \text{ Q}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
5. & \left[ 0,9 \text{ } - 0,2 \text{ S}_{\text{Ds}} \right] \text{D} \pm \rho \text{Q}_{\text{ex}} \pm 0,3 \text{ } \rho \text{Q}_{\text{ey}} \\
& 0,765 \text{ D} + 1,3 \text{ Q}_{\text{ex}} + 0,39 \text{ Q}_{\text{ey}} \\
& 0,765 \text{ D} + 1,3 \text{ Q}_{\text{ex}} - 0,39 \text{ Q}_{\text{ey}} \\
& 0,765 \text{ D} - 1,3 \text{ Q}_{\text{ex}} + 0,39 \text{ Q}_{\text{ey}} \\
& 0,765 \text{ D} - 1,3 \text{ Q}_{\text{ex}} - 0,39 \text{ Q}_{\text{ey}} \\
6. & \left[ 0,9 \text{ } - 0,2 \text{ S}_{\text{Ds}} \right] \text{D} \pm 0,3 \text{ } \rho \text{Q}_{\text{ex}} \pm \rho \text{Q}_{\text{ey}} \\
& 0,765 \text{ D} + 0,39 \text{ Q}_{\text{ex}} + 1,3 \text{ Q}_{\text{ey}} \\
& 0,765 \text{ D} + 0,39 \text{ Q}_{\text{ex}} - 1,3 \text{ Q}_{\text{ey}} \\
& 0,765 \text{ D} - 0,39 \text{ Q}_{\text{ex}} + 1,3 \text{ Q}_{\text{ey}} \\
& 0,765 \text{ D} - 0,39 \text{ Q}_{\text{ex}} - 1,3 \text{ Q}_{\text{ey}} \\
7. & \left[ 1,2 \text{ } + 0,2 \text{ S}_{\text{Ds}} \right] \text{D} \pm \rho \text{ R}_{\text{ex}} \pm 0,3 \text{ } \rho \text{ R}_{\text{ey}} + \text{L} \\
& 1,335 \text{ D} + 1,3 \text{ R}_{\text{ex}} + 0,39 \text{ R}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} + 1,3 \text{ R}_{\text{ex}} - 0,39 \text{ R}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} - 1,3 \text{ R}_{\text{ex}} + 0,39 \text{ R}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} - 1,3 \text{ R}_{\text{ex}} - 0,39 \text{ R}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
8. & \left[ 1,2 \text{ } + 0,2 \text{ S}_{\text{Ds}} \right] \text{D} \pm 0,3 \text{ } \rho \text{ R}_{\text{ex}} \pm \rho \text{Q}_{\text{ey}} + \text{L} \\
& 1,335 \text{ D} + 0,39 \text{ R}_{\text{ex}} + 1,3 \text{ R}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} + 0,39 \text{ R}_{\text{ex}} - 1,3 \text{ R}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} - 0,39 \text{ R}_{\text{ex}} + 1,3 \text{ R}_{\text{ey}} + 1 \text{ L} \\
& 1,335 \text{ D} - 0,39 \text{ R}_{\text{ex}} - 1,3 \text{ R}_{\text{ey}} + 1 \text{ L}
\end{aligned}$$

$$9 \left[ \begin{matrix} 0,9 & - & 0,2 & S_{Ds} \end{matrix} \right] D \pm \rho R_{ex} \pm 0,3 \rho R_{ey}$$

$$0,765 D + 1,3 R_{ex} + 0,39 R_{ey}$$

$$0,765 D + 1,3 R_{ex} - 0,39 R_{ey}$$

$$0,765 D - 1,3 R_{ex} + 0,39 R_{ey}$$

$$0,765 D - 1,3 R_{ex} - 0,39 R_{ey}$$

$$10 \left[ \begin{matrix} 0,9 & - & 0,2 & S_{Ds} \end{matrix} \right] D \pm 0,3 \rho R_{ex} \pm \rho R_{ey}$$

$$0,765 D + 0,39 R_{ex} + 1,3 R_{ey}$$

$$0,765 D + 0,39 R_{ex} - 1,3 R_{ey}$$

$$0,765 D - 0,39 R_{ex} + 1,3 R_{ey}$$

$$0,765 D - 0,39 R_{ex} - 1,3 R_{ey}$$

### 3.10 Input data Material ke Program Bantu ETABS 2013

#### 3.10.1 Material Beton

$$\text{Kuat Tekan (f}_c\text{)} = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus Elastisitas} = 4700\sqrt{35} = 27805,575 \text{ Mpa}$$

$$\text{Berat Jenis} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Poisson Rasio} = 0,2$$

$$\text{Nilai damping} = 0,05$$

### 3.10.2 Perhitungan Balok T dan Balok L

Menurut Pasal 8.12 SNI 2847 - 2013 batasan menentukan nilai (bf) lebar efektif balok T adalah :

$$b_{eff} \leq 1/4 l$$

$$b_{eff} \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn}$$

$$b_{eff} \leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn}$$

dimana :

bf = Lebar efektif balok (mm)

L = Bentang balok (mm)

hf = Tebal plat (mm)

Ln = Jarak bersih (mm)

bw = Lebar balok

#### • Balok T 1

Diketahui : bw = 500 mm

hw = 700 mm

Hf = 150 mm

L = 7400 mm

$$L_n = L - (\frac{1}{2} \cdot b_w - \frac{1}{2} \cdot b_w) = 7400 - (\frac{1}{2} \cdot 500 - \frac{1}{2} \cdot 500) = 6900 \text{ mm}$$

$$h_b = 700 - 150 = 550 \text{ mm}$$

$$- b_{eff} \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn} \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128})$$

$$b_{eff} \leq 500 + 1/2(150) + 1/2(150)$$

$$b_{eff} \leq 2900 \text{ mm}$$

$$- b_{eff} \leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn}$$

$$b_{eff} \leq 500 + 1/2(6900) + 1/2(6900)$$

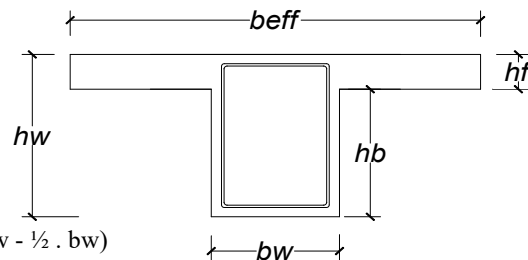
$$b_{eff} \leq 7400 \text{ mm}$$

$$- b_{eff} \leq 1/4 l$$

$$b_{eff} \leq 1/4 \times 7400$$

$$b_{eff} \leq 1850 \text{ mm}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 1850 mm



#### • Balok T 2

Diketahui : bw = 300 mm

hw = 400 mm

Hf = 150 mm

L = 6700 mm

$$L_n = L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) = 6700 - (\frac{1}{2} \cdot 300 + \frac{1}{2} \cdot 300) = 6400 \text{ mm}$$

$$h_b = 400 - 150 = 250 \text{ mm}$$

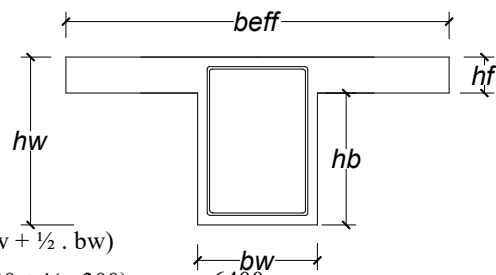
$$- b_{eff} \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn} \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128})$$

$$b_{eff} \leq 300 + 1/2(150) + 1/2(150)$$

$$b_{eff} \leq 2700 \text{ mm}$$

$$- b_{eff} \leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn}$$

$$b_{eff} \leq 300 + 1/2(6400) + 1/2(6400)$$



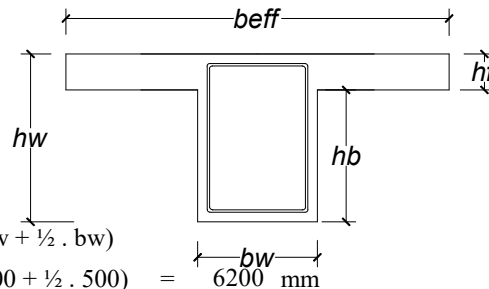
$$\begin{aligned}
 b_{eff} &\leq 6700 \text{ mm} \\
 - \quad b_{eff} &\leq 1/4 l \\
 b_{eff} &\leq 1/4 \times 6700 \\
 b_{eff} &\leq 1675 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 1675 mm

#### • Balok T 3

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 b_w &= 500 \text{ mm} \\
 h_w &= 700 \text{ mm} \\
 H_f &= 150 \text{ mm} \\
 L &= 6700 \text{ mm} \\
 L_n &= L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) \\
 &= 6700 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 6200 \text{ mm} \\
 h_b &= 700 - 150 = 550 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



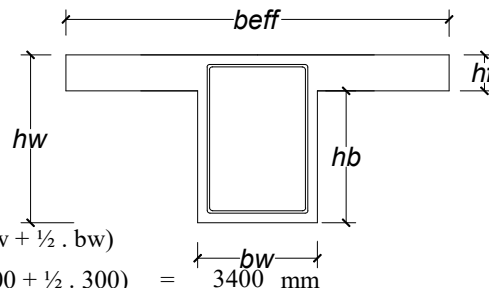
$$\begin{aligned}
 - \quad b_{eff} &\leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn} \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128}) \\
 b_{eff} &\leq 500 + 1/2(150) + 1/2(150) \\
 b_{eff} &\leq 2900 \text{ mm} \\
 - \quad b_{eff} &\leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn} \\
 b_{eff} &\leq 500 + 1/2(6200) + 1/2(6200) \\
 b_{eff} &\leq 6700 \text{ mm} \\
 - \quad b_{eff} &\leq 1/4 l \\
 b_{eff} &\leq 1/4 \times 6700 \\
 b_{eff} &\leq 1675 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 1675 mm

#### • Balok T 4

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 b_w &= 300 \text{ mm} \\
 h_w &= 400 \text{ mm} \\
 H_f &= 150 \text{ mm} \\
 L &= 3700 \text{ mm} \\
 L_n &= L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) \\
 &= 3700 - (\frac{1}{2} \cdot 300 + \frac{1}{2} \cdot 300) = 3400 \text{ mm} \\
 h_b &= 400 - 150 = 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 - \quad b_{eff} &\leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn} \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128}) \\
 b_{eff} &\leq 300 + 1/2(150) + 1/2(150) \\
 b_{eff} &\leq 2700 \text{ mm} \\
 - \quad b_{eff} &\leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn} \\
 b_{eff} &\leq 300 + 1/2(3400) + 1/2(3400) \\
 b_{eff} &\leq 3700 \text{ mm} \\
 - \quad b_{eff} &\leq 1/4 l \\
 b_{eff} &\leq 1/4 \times 3700
 \end{aligned}$$

$$b_{eff} \leq 925 \text{ mm}$$

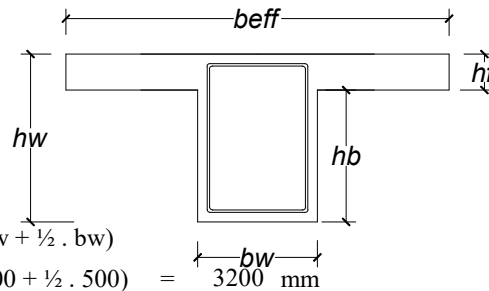
Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 925 mm

#### • Balok T 5

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 500 \text{ mm} \\ h_w &= 700 \text{ mm} \\ H_f &= 150 \text{ mm} \\ L &= 3700 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 3700 - \left( \frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 3200 \text{ mm} \\ h_b &= 700 - 150 = 550 \text{ mm} \end{aligned}$$



- $b_{eff} \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn}$  (SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128)
 
$$b_{eff} \leq 500 + \frac{1}{2}(150) + \frac{1}{2}(150)$$

$$b_{eff} \leq 2900 \text{ mm}$$
- $b_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2} L_{nkr} + \frac{1}{2} L_{nkn}$ 

$$b_{eff} \leq 500 + \frac{1}{2}(3200) + \frac{1}{2}(3200)$$

$$b_{eff} \leq 3700 \text{ mm}$$
- $b_{eff} \leq \frac{1}{4} l$ 

$$b_{eff} \leq \frac{1}{4} \times 3700$$

$$b_{eff} \leq 925 \text{ mm}$$

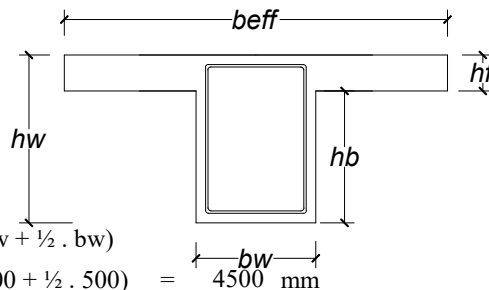
Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 925 mm

#### • Balok T 6

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 500 \text{ mm} \\ h_w &= 700 \text{ mm} \\ H_f &= 150 \text{ mm} \\ L &= 5000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 5000 - \left( \frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 4500 \text{ mm} \\ h_b &= 700 - 150 = 550 \text{ mm} \end{aligned}$$



- $b_{eff} \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn}$  (SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128)
 
$$b_{eff} \leq 500 + \frac{1}{2}(150) + \frac{1}{2}(150)$$

$$b_{eff} \leq 2900 \text{ mm}$$
- $b_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2} L_{nkr} + \frac{1}{2} L_{nkn}$ 

$$b_{eff} \leq 500 + \frac{1}{2}(4500) + \frac{1}{2}(4500)$$

$$b_{eff} \leq 5000 \text{ mm}$$
- $b_{eff} \leq \frac{1}{4} l$ 

$$b_{eff} \leq \frac{1}{4} \times 5000$$

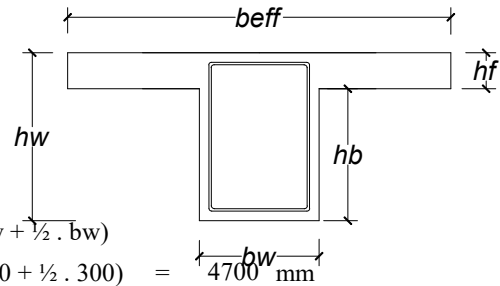
$$b_{eff} \leq 1250 \text{ mm}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 1250 mm

• Balok T 7

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 300 \text{ mm} \\ h_w &= 400 \text{ mm} \\ H_f &= 150 \text{ mm} \\ L &= 5000 \text{ mm} \\ L_n &= L - \left(\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w\right) \\ &= 5000 - \left(\frac{1}{2} \cdot 300 + \frac{1}{2} \cdot 300\right) = 4700 \text{ mm} \\ h_b &= 400 - 150 = 250 \text{ mm} \end{aligned}$$



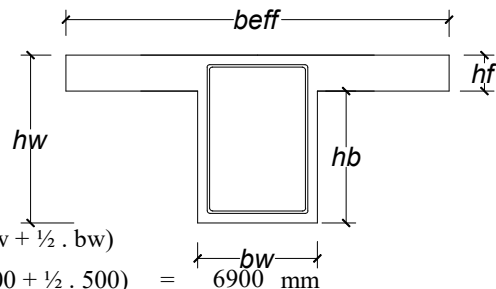
- $beff \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn}$  (SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128)
- $beff \leq 300 + \frac{1}{2}(150) + \frac{1}{2}(150)$
- $beff \leq 2700 \text{ mm}$
- $beff \leq b_w + \frac{1}{2} L_{nkr} + \frac{1}{2} L_{nkn}$
- $beff \leq 300 + \frac{1}{2}(4700) + \frac{1}{2}(4700)$
- $beff \leq 5000 \text{ mm}$
- $beff \leq \frac{1}{4} l$
- $beff \leq \frac{1}{4} \times 5000$
- $beff \leq 1250 \text{ mm}$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 1250 mm

• Balok T 8

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 500 \text{ mm} \\ h_w &= 700 \text{ mm} \\ H_f &= 120 \text{ mm} \\ L &= 7400 \text{ mm} \\ L_n &= L - \left(\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w\right) \\ &= 7400 - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500\right) = 6900 \text{ mm} \\ h_b &= 700 - 120 = 580 \text{ mm} \end{aligned}$$



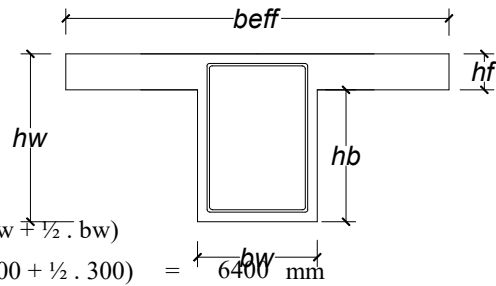
- $beff \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn}$  (SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128)
- $beff \leq 500 + \frac{1}{2}(120) + \frac{1}{2}(120)$
- $beff \leq 2420 \text{ mm}$
- $beff \leq b_w + \frac{1}{2} L_{nkr} + \frac{1}{2} L_{nkn}$
- $beff \leq 500 + \frac{1}{2}(6900) + \frac{1}{2}(6900)$
- $beff \leq 7400 \text{ mm}$
- $beff \leq \frac{1}{4} l$
- $beff \leq \frac{1}{4} \times 7400$
- $beff \leq 1850 \text{ mm}$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 1850 mm

• Balok T 9

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 300 \text{ mm} \\ h_w &= 400 \text{ mm} \\ H_f &= 120 \text{ mm} \\ L &= 6700 \text{ mm} \\ L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 6700 - \left( \frac{1}{2} \cdot 300 + \frac{1}{2} \cdot 300 \right) = 6400 \text{ mm} \\ h_b &= 400 - 120 = 280 \text{ mm} \end{aligned}$$



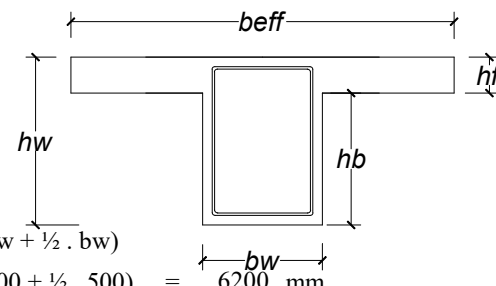
- $beff \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn}$  (SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128)
- $beff \leq 300 + \frac{1}{2}(120) + \frac{1}{2}(120)$
- $beff \leq 2220 \text{ mm}$
- $beff \leq b_w + \frac{1}{2} L_{nkr} + \frac{1}{2} L_{nkn}$
- $beff \leq 300 + \frac{1}{2}(6400) + \frac{1}{2}(6400)$
- $beff \leq 6700 \text{ mm}$
- $beff \leq \frac{1}{4} l$
- $beff \leq \frac{1}{4} \times 6700$
- $beff \leq 1675 \text{ mm}$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 1675 mm

• Balok T 10

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 500 \text{ mm} \\ h_w &= 700 \text{ mm} \\ H_f &= 120 \text{ mm} \\ L &= 6700 \text{ mm} \\ L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 6700 - \left( \frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 6200 \text{ mm} \\ h_b &= 700 - 120 = 580 \text{ mm} \end{aligned}$$



- $beff \leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn}$  (SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128)
- $beff \leq 500 + \frac{1}{2}(120) + \frac{1}{2}(120)$
- $beff \leq 2420 \text{ mm}$
- $beff \leq b_w + \frac{1}{2} L_{nkr} + \frac{1}{2} L_{nkn}$
- $beff \leq 500 + \frac{1}{2}(6200) + \frac{1}{2}(6200)$
- $beff \leq 6700 \text{ mm}$
- $beff \leq \frac{1}{4} l$
- $beff \leq \frac{1}{4} \times 6700$
- $beff \leq 1675 \text{ mm}$

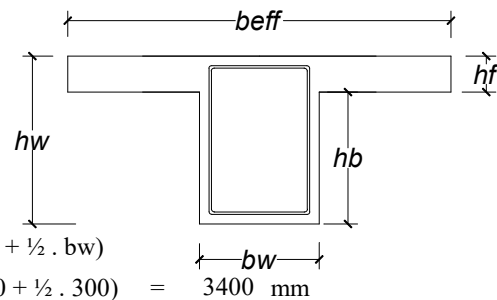
Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 1675 mm



• Balok T 11

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 300 \text{ mm} \\ h_w &= 400 \text{ mm} \\ H_f &= 120 \text{ mm} \\ L &= 3700 \text{ mm} \\ L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 3700 - \left( \frac{1}{2} \cdot 300 + \frac{1}{2} \cdot 300 \right) = 3400 \text{ mm} \\ h_b &= 400 - 120 = 280 \text{ mm} \end{aligned}$$



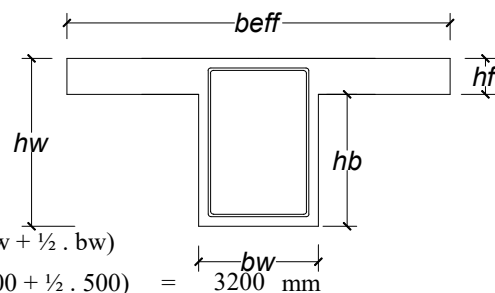
$$\begin{aligned} - \quad b_{eff} &\leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn} \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128}) \\ b_{eff} &\leq 300 + 1/2(120) + 1/2(120) \\ b_{eff} &\leq 2220 \text{ mm} \\ - \quad b_{eff} &\leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn} \\ b_{eff} &\leq 300 + 1/2(3400) + 1/2(3400) \\ b_{eff} &\leq 3700 \text{ mm} \\ - \quad b_{eff} &\leq 1/4 l \\ b_{eff} &\leq 1/4 \times 3700 \\ b_{eff} &\leq 925 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, nilai  $b$  efektif yang digunakan adalah  $= 925 \text{ mm}$

• Balok T 13

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 500 \text{ mm} \\ h_w &= 700 \text{ mm} \\ H_f &= 120 \text{ mm} \\ L &= 3700 \text{ mm} \\ L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 3700 - \left( \frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 3200 \text{ mm} \\ h_b &= 700 - 120 = 580 \text{ mm} \end{aligned}$$



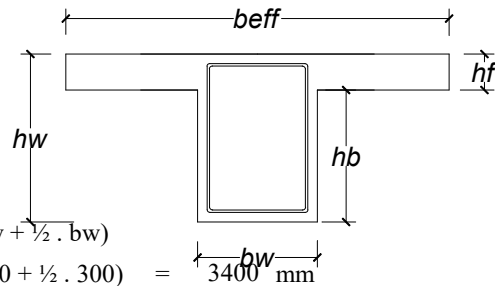
$$\begin{aligned} - \quad b_{eff} &\leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn} \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128}) \\ b_{eff} &\leq 500 + 1/2(120) + 1/2(120) \\ b_{eff} &\leq 2420 \text{ mm} \\ - \quad b_{eff} &\leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn} \\ b_{eff} &\leq 500 + 1/2(3200) + 1/2(3200) \\ b_{eff} &\leq 3700 \text{ mm} \\ - \quad b_{eff} &\leq 1/4 l \\ b_{eff} &\leq 1/4 \times 3700 \\ b_{eff} &\leq 925 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, nilai  $b$  efektif yang digunakan adalah  $= 925 \text{ mm}$

• **Balok T 14**

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 300 \text{ mm} \\ h_w &= 400 \text{ mm} \\ H_f &= 120 \text{ mm} \\ L &= 3700 \text{ mm} \\ L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 3700 - \left( \frac{1}{2} \cdot 300 + \frac{1}{2} \cdot 300 \right) = 3400 \text{ mm} \\ h_b &= 400 - 120 = 280 \text{ mm} \end{aligned}$$



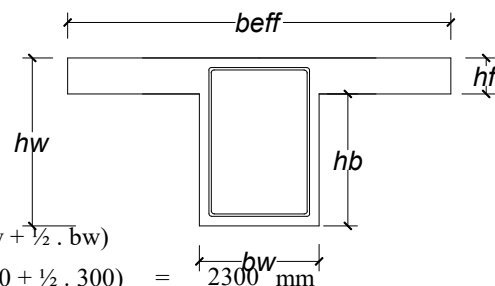
$$\begin{aligned} - \quad b_{eff} &\leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn} \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128}) \\ b_{eff} &\leq 300 + 1/2(120) + 1/2(120) \\ b_{eff} &\leq 2220 \text{ mm} \\ - \quad b_{eff} &\leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn} \\ b_{eff} &\leq 300 + 1/2(3400) + 1/2(3400) \\ b_{eff} &\leq 3700 \text{ mm} \\ - \quad b_{eff} &\leq 1/4 l \\ b_{eff} &\leq 1/4 \times 3700 \\ b_{eff} &\leq 925 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 925 mm

• **Balok T 15**

Diketahui :

$$\begin{aligned} b_w &= 300 \text{ mm} \\ h_w &= 400 \text{ mm} \\ H_f &= 150 \text{ mm} \\ L &= 2600 \text{ mm} \\ L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 2600 - \left( \frac{1}{2} \cdot 300 + \frac{1}{2} \cdot 300 \right) = 2300 \text{ mm} \\ h_b &= 400 - 150 = 250 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} - \quad b_{eff} &\leq b_w + 8 h_{fkr} + 8 h_{fkn} \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 13.2.4 hal 128}) \\ b_{eff} &\leq 300 + 1/2(150) + 1/2(150) \\ b_{eff} &\leq 2700 \text{ mm} \\ - \quad b_{eff} &\leq b_w + 1/2 L_{nkr} + 1/2 L_{nkn} \\ b_{eff} &\leq 300 + 1/2(2300) + 1/2(2300) \\ b_{eff} &\leq 2600 \text{ mm} \\ - \quad b_{eff} &\leq 1/4 l \\ b_{eff} &\leq 1/4 \times 2600 \\ b_{eff} &\leq 650 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 650 mm

Menurut Pasal 8.12 SNI 2847 - 2013 batasan menentukan nilai (bf) lebar efektif balok L adalah :

$$b_{eff} \leq 1/12 l$$

$$b_{eff} \leq b_w + 6 \times t$$

$$b_{eff} \leq b_w + 1/2 \times L$$

dimana :

$b_{eff}$  = Lebar efektif balok (mm)

$L$  = Bentang balok (mm)

$t$  = Tebal plat sisi kiri (mm)

$L_n$  = Jarak bersih ke badan sebelah kiri (mm)

$b_w$  = Lebar balok

#### • Balok L 1

Diketahui :  $b_w = 500$  mm

$h_w = 700$  mm

$h_f = 150$  mm

$L = 7400$  mm

$$L_n = L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) = 5000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 4500 \text{ mm}$$

$$h_b = 700 - 150 = 550 \text{ mm}$$

$$- \quad B_{eff} \leq 1/12 \times L$$

$$B_{eff} \leq 1/12 \times 7400$$

$$B_{eff} \leq 616,67 \text{ mm}$$

$$- \quad B_{eff} \leq b_w + 6 \times h_f$$

$$B_{eff} \leq 500 + 6 \times 150$$

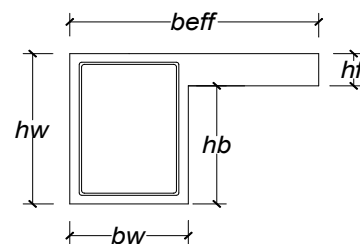
$$B_{eff} \leq 1400 \text{ mm}$$

$$- \quad B_{eff} \leq b_w + 1/2 \times L_n$$

$$B_{eff} \leq 500 + 1/2 \times 4500$$

$$B_{eff} \leq 2750 \text{ mm}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 616,67 mm



#### • Balok L2

Diketahui :  $b_w = 500$  mm

$h_w = 700$  mm

$h_f = 150$  mm

$L = 6700$  mm

$$L_n = L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) = 5000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 4500 \text{ mm}$$

$$h_b = 700 - 150 = 550 \text{ mm}$$

$$- \quad B_{eff} \leq 1/12 \times L$$

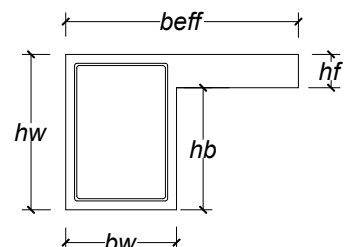
$$B_{eff} \leq 1/12 \times 6700$$

$$B_{eff} \leq 558,33 \text{ mm}$$

$$- \quad B_{eff} \leq b_w + 6 \times h_f$$

$$B_{eff} \leq 500 + 6 \times 150$$

$$B_{eff} \leq 1400 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 - \quad B_{eff} &\leq b_w + \frac{1}{2} \times L_n \\
 B_{eff} &\leq 500 + \frac{1}{2} \times 4500 \\
 B_{eff} &\leq 2750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

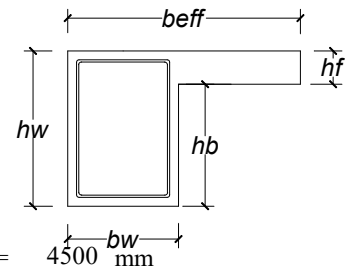
Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 558,33 mm

#### • Balok L3

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 b_w &= 500 \text{ mm} \\
 h_w &= 700 \text{ mm} \\
 h_f &= 150 \text{ mm} \\
 L &= 3700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\
 &= 3700 - (0,5 \cdot 500 + 0,5 \cdot 500) = 3200 \text{ mm} \\
 h_b &= 700 - 150 = 550 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 - \quad B_{eff} &\leq \frac{1}{12} \times L \\
 B_{eff} &\leq \frac{1}{12} \times 3700 \\
 B_{eff} &\leq 308,33 \text{ mm} \\
 - \quad B_{eff} &\leq b_w + 6 \times h_f \\
 B_{eff} &\leq 500 + 6 \times 150 \\
 B_{eff} &\leq 1400 \text{ mm} \\
 - \quad B_{eff} &\leq b_w + \frac{1}{2} \times L_n \\
 B_{eff} &\leq 500 + \frac{1}{2} \times 3200 \\
 B_{eff} &\leq 2750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

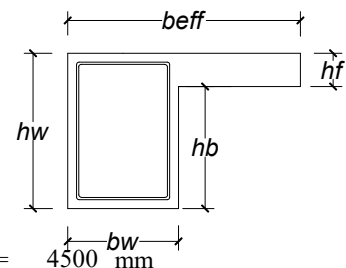
Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 308,33 mm

#### • Balok L4

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 b_w &= 500 \text{ mm} \\
 h_w &= 700 \text{ mm} \\
 h_f &= 150 \text{ mm} \\
 L &= 5000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_n &= L - \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\
 &= 5000 - (0,5 \cdot 500 + 0,5 \cdot 500) = 4500 \text{ mm} \\
 h_b &= 700 - 150 = 550 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



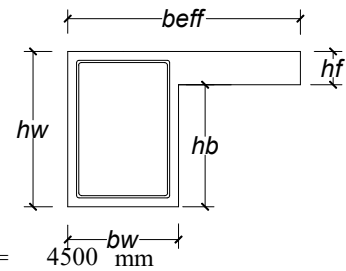
$$\begin{aligned}
 - \quad B_{eff} &\leq \frac{1}{12} \times L \\
 B_{eff} &\leq \frac{1}{12} \times 5000 \\
 B_{eff} &\leq 416,67 \text{ mm} \\
 - \quad B_{eff} &\leq b_w + 6 \times h_f \\
 B_{eff} &\leq 500 + 6 \times 150 \\
 B_{eff} &\leq 1400 \text{ mm} \\
 - \quad B_{eff} &\leq b_w + \frac{1}{2} \times L_n \\
 B_{eff} &\leq 500 + \frac{1}{2} \times 4500 \\
 B_{eff} &\leq 2750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 416,67 mm

• **Balok L5**

Diketahui :  $b_w = 500$  mm  
 $h_w = 700$  mm  
 $h_f = 150$  mm  
 $L = 2500$  mm

$$\begin{aligned} L_n &= L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) \\ &= 5000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 4500 \text{ mm} \\ h_b &= 700 - 150 = 550 \text{ mm} \end{aligned}$$



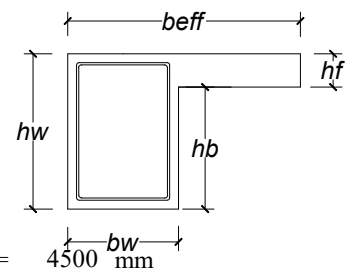
- $B_{eff} \leq \frac{1}{12} \times L$   
 $B_{eff} \leq \frac{1}{12} \times 2500$   
 $B_{eff} \leq 208,33 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + 6 \times h_f$   
 $B_{eff} \leq 500 + 6 \times 150$   
 $B_{eff} \leq 1400 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2} \times L_n$   
 $B_{eff} \leq 500 + \frac{1}{2} \times 4500$   
 $B_{eff} \leq 2750 \text{ mm}$

Maka, nilai  $b$  efektif yang digunakan adalah  $= 208,33 \text{ mm}$

• **Balok L6**

Diketahui :  $b_w = 500$  mm  
 $h_w = 700$  mm  
 $h_f = 150$  mm  
 $L = 2600$  mm

$$\begin{aligned} L_n &= L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) \\ &= 5000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 4500 \text{ mm} \\ h_b &= 700 - 150 = 550 \text{ mm} \end{aligned}$$



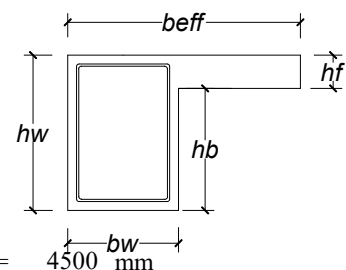
- $B_{eff} \leq \frac{1}{12} \times L$   
 $B_{eff} \leq \frac{1}{12} \times 2600$   
 $B_{eff} \leq 216,67 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + 6 \times h_f$   
 $B_{eff} \leq 500 + 6 \times 150$   
 $B_{eff} \leq 1400 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2} \times L_n$   
 $B_{eff} \leq 500 + \frac{1}{2} \times 4500$   
 $B_{eff} \leq 2750 \text{ mm}$

Maka, nilai  $b$  efektif yang digunakan adalah  $= 216,67 \text{ mm}$

• **Balok L 7**

Diketahui :  $b_w = 500$  mm  
 $h_w = 700$  mm  
 $h_f = 120$  mm  
 $L = 7400$  mm

$$\begin{aligned} L_n &= L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) \\ &= 5000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 4500 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$h_b = 700 - 120 = 580 \text{ mm}$$

- $B_{eff} \leq 1/12 \times L$   
 $B_{eff} \leq 1/12 \times 7400$   
 $B_{eff} \leq 616,67 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + 6 \times h_f$   
 $B_{eff} \leq 500 + 6 \times 120$   
 $B_{eff} \leq 1220 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + 1/2 \times 0$   
 $B_{eff} \leq 500 + 1/2 \times 4500$   
 $B_{eff} \leq 2750 \text{ mm}$

Maka, nilai  $b$  efektif yang digunakan adalah  $= 616,67 \text{ mm}$

#### • Balok L8

Diketahui :  $b_w = 500 \text{ mm}$   
 $h_w = 700 \text{ mm}$   
 $h_f = 120 \text{ mm}$   
 $L = 6700 \text{ mm}$

$$L_n = L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w)$$

$$= 5000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 4500 \text{ mm}$$

$$h_b = 700 - 120 = 580 \text{ mm}$$

- $B_{eff} \leq 1/12 \times L$   
 $B_{eff} \leq 1/12 \times 6700$   
 $B_{eff} \leq 558,33 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + 6 \times h_f$   
 $B_{eff} \leq 500 + 6 \times 120$   
 $B_{eff} \leq 1220 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + 1/2 \times L_n$   
 $B_{eff} \leq 500 + 1/2 \times 4500$   
 $B_{eff} \leq 2750 \text{ mm}$

Maka, nilai  $b$  efektif yang digunakan adalah  $= 558,33 \text{ mm}$

#### • Balok L9

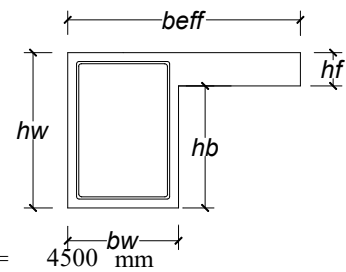
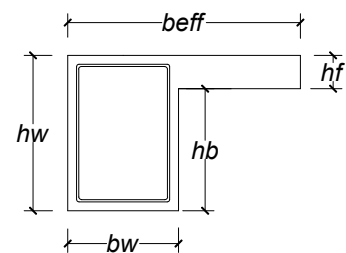
Diketahui :  $b_w = 500 \text{ mm}$   
 $h_w = 700 \text{ mm}$   
 $h_f = 120 \text{ mm}$   
 $L = 3700 \text{ mm}$

$$L_n = L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w)$$

$$= 3000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 2500 \text{ mm}$$

$$h_b = 700 - 120 = 580 \text{ mm}$$

- $B_{eff} \leq 1/12 \times L$   
 $B_{eff} \leq 1/12 \times 3700$   
 $B_{eff} \leq 308,33 \text{ mm}$
- $B_{eff} \leq b_w + 6 \times h_f$



$$\begin{aligned}
 \text{Beff} &\leq 500 + 6 \times 120 \\
 \text{Beff} &\leq 1220 \text{ mm} \\
 - \text{Beff} &\leq b_w + 1/2 \times L_n \\
 \text{Beff} &\leq 500 + 1/2 \times 4500 \\
 \text{Beff} &\leq 2750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

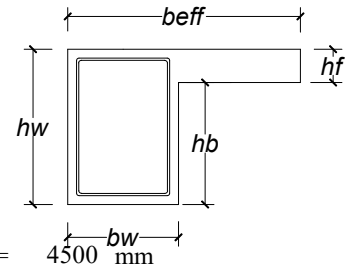
Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 308,33 mm

#### • Balok L10

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 b_w &= 500 \text{ mm} \\
 h_w &= 700 \text{ mm} \\
 h_f &= 120 \text{ mm} \\
 L &= 5000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_n &= L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) \\
 &= 5000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 4500 \text{ mm} \\
 h_b &= 700 - 120 = 580 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 - \text{Beff} &\leq 1/12 \times L \\
 \text{Beff} &\leq 1/12 \times 5000 \\
 \text{Beff} &\leq 416,67 \text{ mm} \\
 - \text{Beff} &\leq b_w + 6 \times h_f \\
 \text{Beff} &\leq 500 + 6 \times 120 \\
 \text{Beff} &\leq 1220 \text{ mm} \\
 - \text{Beff} &\leq b_w + 1/2 \times L_n \\
 \text{Beff} &\leq 500 + 1/2 \times 4500 \\
 \text{Beff} &\leq 2750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

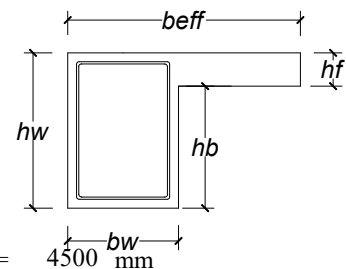
Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 416,67 mm

#### • Balok L11

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 b_w &= 500 \text{ mm} \\
 h_w &= 700 \text{ mm} \\
 h_f &= 120 \text{ mm} \\
 L &= 2500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_n &= L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w) \\
 &= 2500 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 1500 \text{ mm} \\
 h_b &= 700 - 120 = 580 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 - \text{Beff} &\leq 1/12 \times L \\
 \text{Beff} &\leq 1/12 \times 2500 \\
 \text{Beff} &\leq 208,33 \text{ mm} \\
 - \text{Beff} &\leq b_w + 6 \times h_f \\
 \text{Beff} &\leq 500 + 6 \times 120 \\
 \text{Beff} &\leq 1220 \text{ mm} \\
 - \text{Beff} &\leq b_w + 1/2 \times L_n \\
 \text{Beff} &\leq 500 + 1/2 \times 1500 \\
 \text{Beff} &\leq 1250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah = 208,33 mm

• Balok L12

Diketahui :  $b_w = 500 \text{ mm}$

$h_w = 700 \text{ mm}$

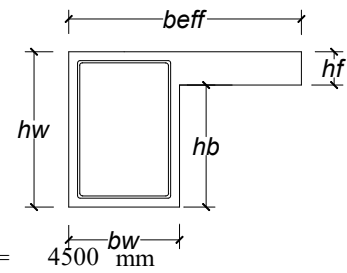
$h_f = 120 \text{ mm}$

$L = 2600 \text{ mm}$

$L_n = L - (\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w)$

$= 5000 - (\frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500) = 4500 \text{ mm}$

$h_b = 700 - 120 = 580 \text{ mm}$



-  $B_{eff} \leq \frac{1}{12} \times L$

$B_{eff} \leq \frac{1}{12} \times 2600$

$B_{eff} \leq 216,67 \text{ mm}$

-  $B_{eff} \leq b_w + 6 \times h_f$

$B_{eff} \leq 500 + 6 \times 120$

$B_{eff} \leq 1220 \text{ mm}$

-  $B_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2} \times L_n$

$B_{eff} \leq 500 + \frac{1}{2} \times 4500$

$B_{eff} \leq 2750 \text{ mm}$

Maka, nilai b efektif yang digunakan adalah  $= 216,67 \text{ mm}$



## BAB IV

### PERHITUNGAN TULANGAN

#### 4.1 Perhitungan Penulangan Balok

##### 4.1.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Penulangan yang di rencanakan adalah Balok B132

Data Perencanaan :

$b_w = 500 \text{ mm}$	$\text{Tul. Utama} = 25 \text{ mm}$
$h = 700 \text{ mm}$	$\text{Tul. Begel} = 10 \text{ mm}$
$p = 40 \text{ mm}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,848$
$h_f = 150 \text{ mm}$	$f_y = 400 \text{ Mpa}$
$L = 6700 \text{ mm}$	$f_{y_s} = 240 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} L_n &= L + \left( \frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w \right) \\ &= 6700 + \left( \frac{1}{2} \cdot 500 + \frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 6200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{selimut beton} - \text{Tul. Begel} - \frac{1}{2} \cdot \text{Tul. Utama} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 25 \\ &= 62,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 700 - 62,5 \\ &= 637,5 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$b_{eff} = \frac{1}{4} \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 6700 = 1675 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b_w + 8 \cdot h_{fkr} + 8 \cdot h_{fkn} = 500 + 8(150) + 8(150) = 2900 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} b_{eff} &= b_w + \frac{1}{2} \cdot L_{nkr} + \frac{1}{2} \cdot L_{nkn} \\ &= 500 + (\frac{1}{2} \cdot 6200 + \frac{1}{2} \cdot 6200) = 6700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil nilai  $b_{eff}$  yang terkecil yaitu = 1675 mm

Jarak bersih antar tulangan  $S_n = 25 \text{ mm}$

Jumlah tulangan maksimal pada baris 1 baris :

$$n = \frac{b_w - 2 \cdot d'}{D + S_n} + 1 = \frac{500 - 2 \cdot 62,5}{25 + 25} + 1 = 8,5 \text{ Maks. 8 batang}$$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.5.1 :

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \cdot d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 500 \times 637,5 \\ &= 1178,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \min} = \frac{1,4 b_w \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637,5}{400} = 1116 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan minimal 3 D 25 dengan rumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_s &= 3 \times \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 25^2 \\ &= 1473 \text{ mm}^2 \\ (A_s = 1473,21 \text{ mm}^2 > A_{s \min} = 1116 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$

#### A. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned} \mu^- &= 704,091 \text{ kNm} & \mu^+ &= 572,301 \text{ kNm} \\ &= 704091200 \text{ Nmm} & &= 572301300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik

$$12 \text{ D } 25 \quad (A_s = 5892,86 \text{ mm}^2)$$

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan

$$6 \text{ D } 25 \quad (A_s' = 2946,43 \text{ mm}^2)$$

### Analisa Momen Negatif

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} \quad A_{s1} &= 8 \text{ D } 25 = 3928,57 \text{ mm}^2 & A_s &= 5892,86 \text{ mm}^2 \\ A_{s2} &= 4 \text{ D } 25 = 1964,29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan tekan} \quad A_s' = 6 \text{ D } 25 = 2946,43 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = P + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \times 25 = 62,5 \text{ mm}$$

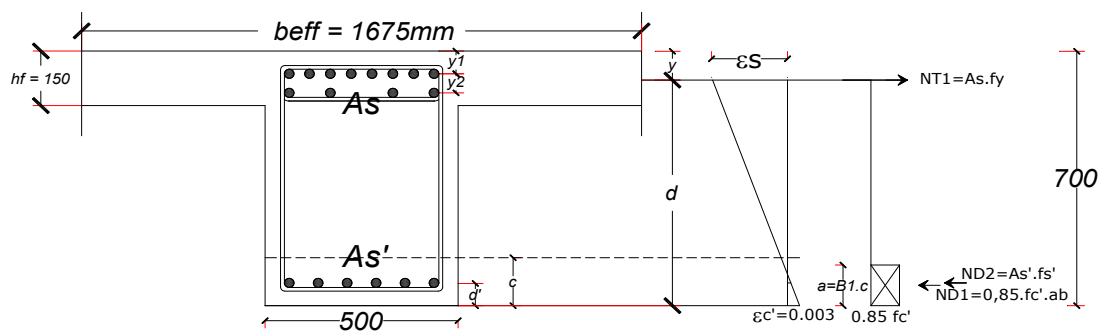
$$y_2 = y_1 + p \times 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 62,5 + 40 + 1/2 \times 25 = 115,0 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{A_{s1} \times y_1 + A_{s2} \times y_2}{A_{s1} + A_{s2}}$$

$$= \frac{3928,6 \times 62,5 + 1964,3 \times 115,0}{3928,6 + 1964,3} = 80,0 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 62,5 = 637,5 \text{ mm}$$



**Gambar 4.3 Penampang balok dan diagram regangan - tegangan momen negatif tumpuan kiri**

Dimisalkan garis netral  $> d'$ , maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y \rightarrow \text{substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w) \cdot c + A_s'(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_w) \cdot c + A_s'(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b_w) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b_w) c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b_w) c^2 + (600A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,848 \times 500 \right] c^2 + \left[ 600 \times 2946,43 - 5892,86 \times 400 \right] c - 600 \times 2946,43 \times 80,0 = 0$$

$$12606,563 c^2 + [-589286] c - 141428571,4 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{589286 \pm \sqrt{589286^2 - 4 \times 12606,6 \times 141428571,4}}{2 \times 12606,563}$$

$$= \frac{589286 + 2734770,6}{25213,125} = 131,8 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta_1 \times c$$

$$= 0,848 \times 131,8$$

$$= 111,7 \text{ mm}$$

dihitung nilai - nilai :

$$\varepsilon_{s'} = \frac{c - d'}{c} \times \varepsilon_c = \frac{131,8 - 80,0}{131,8} \times 0,003 = 0,00118$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon_c = \frac{637,5 - 131,8}{131,8} \times 0,003 = 0,01151$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$0,01151 > 0,00200 > 0,00118$$

Karena  $\varepsilon_s > \varepsilon_y > \varepsilon_{s'}$  maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned} \text{Tegangan baja tekan } f_{s'} &= \varepsilon_{s'} \times E_s \\ &= 0,00118 \times 200000 \\ &= 235,92 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot B_w & \text{ND2} &= A_s' \times f_s \\ &= 0,85 \times 35 \times 111,7 \times 500 & &= 2946 \times 235,92 \\ &= 1662028,1 \text{ N} & &= 695114,71 \text{ N} \\ \text{NT1} &= A_s \times f_{y_{\text{ulir}}} & Z &= d - (1/2 \times a) \\ &= 5892,86 \times 400 & &= 637,5 - \left[ 1/2 \times 111,7 \right] \\ &= 2357142,9 \text{ N} & &= 581,63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{ND1} + \text{ND2} = \text{NT1}$$

$$1662028,1 + 695114,71 = 2357142,86$$

$$2357142,9 = 2357142,9$$

$$\begin{aligned} M_n &= \text{NT1} \times Z \\ &= 2357142,9 \times 581,634 \\ &= 1370993267,85 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 1370993267,85$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$= 1233893941,07 \text{ Nmm} > M_u = 704091200 \text{ Nmm} \text{ Aman}$$

### Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tekan } A_{s1}' = 8 D 25 = 3928,57 \text{ mm}^2 \quad A_{s'} = 5892,857 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2}' = 4 D 25 = 1964,29 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 6 D 25 = 2946,43 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = p + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 25 = 62,5 \text{ mm}$$

$$y_2 = y_1 + p + 1/2 \times \text{Tul. Utama}$$

$$= 62,5 + 40 + 1/2 \cdot 25 = 115,0 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{A_{s1}' \times y_1 + A_{s2}' \times y_2}{A_{s1} + A_{s2}}$$

$$= \frac{3928,57 \times 63 + 1964,29 \times 115}{3928,57 + 1964,29} = 80,0 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 62,5 = 637,5 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral  $> y_2$ , maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_{s'} \cdot f_s' = A_s \cdot f_y \rightarrow \text{substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - y_2)}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_{s'} \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - y_1) \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_w) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - y_2) 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot y_2 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot y_2 - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_w) c^2 + (600A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600A_s' \cdot Y_2 = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,848 \times 500 \right] c^2 + \left[ 600 \times 5892,86 - 2946,43 \times 400 \right] c - \left[ 600 \times 5892,86 \times 80,0 \right] = 0$$

$$12606,6 c^2 + 2357142,9 c - 282857142,9 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

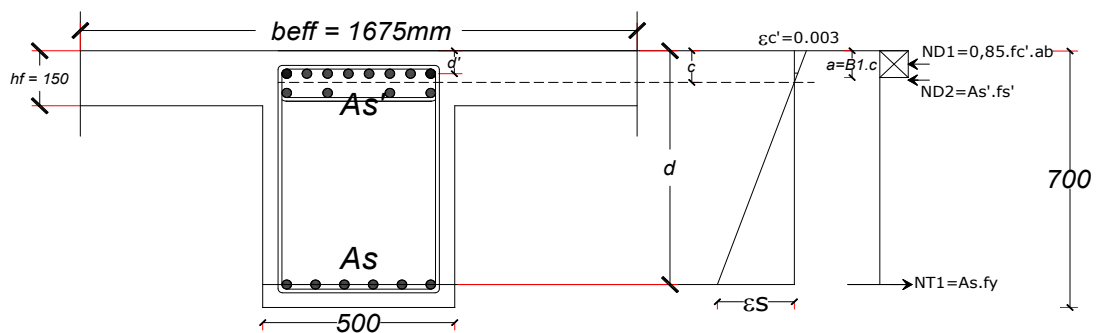
$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-2357143 + \sqrt{2357143^2 - 4 \times 12606,6 \times 282857142,9}}{2 \times 12606,6}$$

$$= \frac{-2357143 + 4451915}{25213,125} = 83,08 \text{ mm}$$

$$c = 83,08 \text{ mm}$$

Karena  $c < y_2$ , tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c harus dihitung ulang.



**Gambar 4.4** Penampang balok dan diagram regangan - tegangan momen positif tumpuan kiri yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara  $y_1$  dan  $y_2$  maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot F_y \rightarrow \text{substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - y_1')}{c} \times 600$$



$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bw + A_s' \cdot \frac{(c - y_1')}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bw) \cdot c + A_s'(c - y_1') \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot bw) \cdot c + A_s'(c - y_1') \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot bw) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot y_1' = A_{s1} \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot bw) c^2 + (600A_s' - A_{s1} \cdot f_y) \cdot c - 600A_{s1} \cdot y_1 = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,848 \times 500 \right] c^2 + \left[ 600 \times 5892,9 - 2946,4 \times 400 \right] c$$

$$- 600 \times 5892,86 \times 80,0 = 0$$

$$12606,563 c^2 + [ 2357143 ] c - 282857142,9 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-2357143 \pm \sqrt{2357143^2 - 4 \times 12606,6 \times 282857142,9}}{2 \times 12606,6}$$

$$c = \frac{-2357143 + 4451915}{25213,125} = 83,08 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,848 \times 83,08 = 70,41 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{c - y_1'}{c} \times \epsilon_c \cdot E_s = \frac{83,08 - 80,0}{83,08} \times 0,003 \times 200000$$

$$= 22,2618 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w$$

$$= 0,85 \times 35 \times 70,41 \times 500$$

$$= 1047386,087 \text{ N}$$

$$ND2 = A_s' \times f_s'$$

$$= 5892,9 \times 22,26$$

$$= 131185,3413 \text{ N}$$

$$NT1 = A_s \times f_y$$

$$= 2946,4 \times 400$$

$$= 1178571,429 \text{ N}$$

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$1047386,087 + 131185,3413 = 1178571,429$$

$$1178571,429 = 1178571,429$$

$$Z1 = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 637,5 - \left[ 1/2 \cdot 70,41 \right]$$

$$= 602,294 \text{ mm}$$

$$M_n = (NT1 \times Z1)$$

$$= \left[ 1178571,429 \times 602,294 \right]$$

$$= 709846199,4 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi \times M_n$$

$$= 0,9 \times 709846199,4$$

$$= 638861579,5 \text{ Nmm} > M_u^+ = 572301300,0 \text{ Nmm} \quad \mathbf{Aman}$$

## B. Perhitungan Penulangan Lapangan

$$M_u^+ = 306,031 \text{ kNmm} = 306030600 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan

$$3 \text{ D } 25 \left( A_s' = 1473,21 \text{ mm}^2 \right)$$

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik

$$6 \text{ D } 25 \text{ ( } A_s = 2946,43 \text{ mm}^2 \text{ )}$$

### Analisa Momen Positif

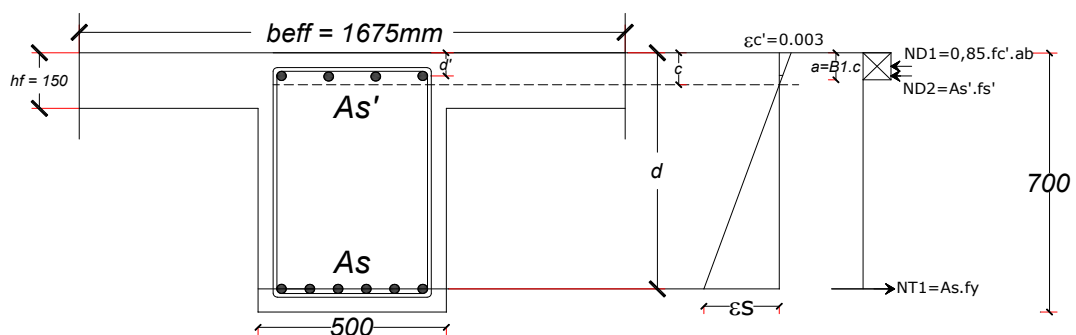
$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 3 \text{ D } 25 = 1473,21 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 6 \text{ D } 25 = 2946,43 \text{ mm}^2$$

$$y/d' = p + \varnothing \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \varnothing \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 25 = 62,5 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 62,5 = 637,5 \text{ mm}$$



**Gambar 4.5 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif**

lapangan yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral  $> y$ , maka perhitungan garis netral harus dicari

menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y \rightarrow \text{substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - y)}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w) + A_s' \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w) \cdot c + A_s'(c - y) \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b_w) \cdot c + A_s'(c - y) \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta 1 \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot y = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta 1 \cdot b_w) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot y - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta 1 \cdot b_w) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot y = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,848 \times 500 \right] c^2 + \left[ 600 \times 1473 - 2946 \times 400 \right] c$$

$$- \left[ 600 \times 1473 \times 62,5 \right] = 0$$

$$12606,6 \, c^2 + -294642,9 \, c - 55245535,71 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{294642,86 \pm \sqrt{-294642,9^2 - 4 \times 12606,6 \times 55245535,71}}{2 \times 12606,563}$$

$$= \frac{294642,86 + 1694886,3}{25213,125} = 78,9085 \, \text{mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta \times c$$

$$= 0,848 \times 78,91$$

$$= 66,87 \, \text{mm}$$

dihitung nilai - nilai :

$$f_s' = \frac{c - y_l}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{78,91 - 62,5}{78,91} \times 0,003 \times 200000 = 124,77 \, \text{Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 400 \, \text{Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w & \text{ND2} &= A_s' \times f_s' \\ &= 0,85 \times 35 \times 66,87 \times 500 & &= 1473,21 \times 124,8 \\ &= 994764,58 \, \text{N} & &= 183806,84 \, \text{N} \\ \text{NT1} &= A_s \times f_y & Z &= d - (1/2 \cdot a) \\ &= 2946,43 \times 400 & &= 637,5 - \left[ 1/2 \cdot 66,87 \right] \\ &= 1178571,4 \, \text{N} & &= 604,063 \, \text{mm} \end{aligned}$$

$$ND1+ND2 = NT1$$

$$994764,6 + 183806,84 = 1178571,4$$

$$1178571,4 = 1178571,4$$

$$M_n = NT1 \times Z$$

$$= 1178571,4 \times 604,063$$

$$= 711930844,80 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 711930844,80$$

$$\phi M_n > M_u^+$$

$$= 640737760,32 \text{ Nmm} > M_u^+ = 306030600 \text{ Nmm} \dots \text{Aman}$$

### C. Perhitungan Penulangan tumpuan kanan

$$M_u^- = 696,165 \text{ kNmm} \quad M_u^+ = 604,886 \text{ kNmm}$$

$$= 696165000 \text{ Nmm} \quad = 604885500 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik

$$12 \text{ D } 25 \text{ ( } A_s = 5892,86 \text{ mm}^2 \text{ )}$$

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan

$$6 \text{ D } 25 \text{ ( } A_s' = 2946,43 \text{ mm}^2 \text{ )}$$

#### Analisa Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } A_{s1} = 8 \text{ D } 25 = 3928,57 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 5892,86 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 4 \text{ D } 25 = 1964,29 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 6 \text{ D } 25 = 2946,43 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = P + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \times 25 = 62,5 \text{ mm}$$

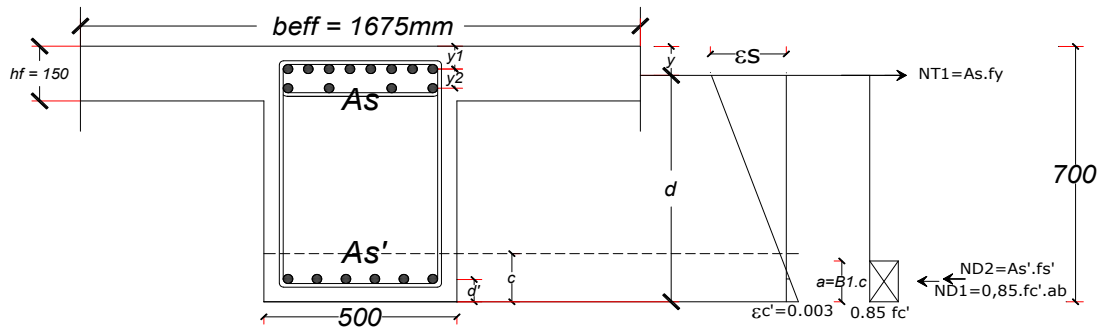
$$y_2 = y_1 + p \times 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 62,5 + 40 + 1/2 \times 25 = 115,0 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{As_1 \times y_1 + As_2 \times y_2}{As_1 + As_2}$$

$$= \frac{3928,6 \times 62,5 + 1964,3 \times 115,0}{3928,6 + 1964,3} = 80,0 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 80,0 = 620,0 \text{ mm}$$



**Gambar 4.6 Penampang balok dan diagram tegangan momen negatif tumpuan kanan**

Dimisalkan garis netral  $> y$ , maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw + As' \cdot fs' = As \cdot fy \rightarrow \text{substitusi nilai } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bw) \cdot c + As'(c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot bw) \cdot c + As'(c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot bw) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot bw)c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot bw)c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 500 \right] c^2 + \left[ 600 \times 2946,43 - 5892,86 \times 400 \right] c - 600 \times 2946,43 \times 80,0 = 0$$

$$12606,563 \ c^2 + [-589285,714]c - 141428571,4 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$\begin{aligned} c &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a} \\ &= \frac{589285,7143 \pm \sqrt{-589285,714^2 - 4 \times 12606,6 \times 1,4E+08}}{2 \times 12606,563} \\ &= \frac{589285,71 + 2734770,6}{25213,125} = 131,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

dihitung nilai a :

$$\begin{aligned} a &= \beta \times c \\ &= 0,848 \times 131,8 \\ &= 111,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

dihitung nilai - nilai :

$$\epsilon_{s'} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{131,8 - 80,0}{131,8} \times 0,003 = 0,00118$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \times \epsilon_c = \frac{620,0 - 131,8}{131,8} \times 0,003 = 0,01111$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$0,01111 > 0,00200 > 0,00118$$

Karena  $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_{s'}$  maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned} \text{Tegangan baja tekan } f_{s'} &= \epsilon_{s'} \times E_s \\ &= 0,00118 \times 200000 \\ &= 235,92 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot B_w$$

$$= 0,85 \times 35 \times 111,7 \times 500$$

$$= 1662028,1 \text{ N}$$

$$NT1 = A_s \times f_{y_{ulir}}$$

$$= 5892,86 \times 400$$

$$= 2357142,9 \text{ N}$$

$$ND2 = A_s' \times f_s$$

$$= 2946 \times 235,92$$

$$= 695114,71 \text{ N}$$

$$Z = d - (1/2 \times a)$$

$$= 620,0 - \left( 1/2 \times 111,7 \right)$$

$$= 564,1 \text{ mm}$$

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$1662028,1 + 695114,71 = 2357142,86$$

$$2357142,9 = 2357142,9$$

$$M_n = NT1 \times Z$$

$$= 2357142,9 \times 564,134$$

$$= 1329743267,85 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 1329743267,85$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$= 1196768941,07 \text{ Nmm} > M_u = 696165000 \text{ Nmm} \text{ Aman}$$

### **Kontrol Momen Positif**

$$\text{Tulangan tekan } A_{s1}' = 8 D 25 = 3928,57 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2}' = 4 D 25 = 1964,29 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 5892,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 6 D 25 = 2946,43 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = p + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 25 = 62,5 \text{ mm}$$

$$y_2 = y_1 + p + 1/2 \times \text{Tul. Utama}$$

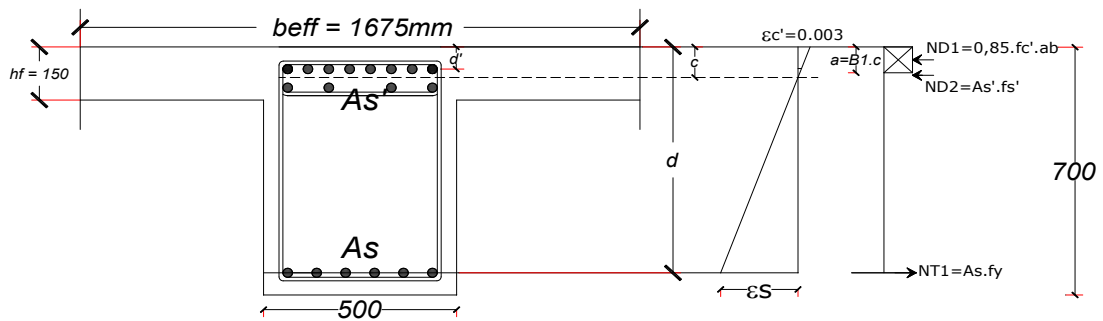
$$= 63 + 40 + 1/2 \cdot 25 = 115,0 \text{ mm}$$



$$y = d' = \frac{As_1 \times y_1 + As_2 \times y_2}{As_1 + As_2}$$

$$= \frac{3928,57 \times 63 + 1964,29 \times 115}{3928,57 + 1964,29} = 80,0 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 80,0 = 620 \text{ mm}$$



**Gambar 4.7 Penampang balok dan diagram regangan - tegangan momen positif tumpuan kanan yang sudah dihitung ulang**

Dimisalkan garis netral  $> y$ , maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + As' \cdot fs' = As \cdot fy \quad \rightarrow \quad \text{substitusi nilai } fs' = \frac{(c - y)}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + As' \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w) \cdot c + As' \cdot (c - y) \times 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_w) \cdot c + As' \cdot (c - y) \times 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 As' \cdot c - 600 As' \cdot y = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 As' \cdot c - 600 As' \cdot y - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_w) \cdot c^2 + (600 As' - As \cdot fy) \cdot c - 600 As' \cdot y = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 500 \right] c^2 + \left[ 600 \times 5892,86 - 2946,43 \times 400 \right] c - 600 \times 5892,86 \times 80,0 = 0$$

$$12606,6 \cdot c^2 + 2357142,9 \cdot c - 282857142,9 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-2357143 + \sqrt{2357143^2 - 4 \times 12606,6 \times 282857142,9}}{2 \times 12606,6}$$

$$= \frac{-2357143 + 4451915}{25213,125} = 83,08 \text{ mm}$$

$$c = 83,08 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,848 \times 83,08 = 70,41 \text{ mm}$$

$$f_s' = \varepsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{c - y}{c} \times \varepsilon_c \cdot E_s = \frac{83,08 - 80,0}{83,08} \times 0,003 \times 200000$$

$$= 22,2618 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w$$

$$= 0,85 \times 35 \times 70,41 \times 500$$

$$= 1047386,087 \text{ N}$$

$$ND2 = A_s' \times f_s'$$

$$= 5892,9 \times 22,26$$

$$= 131185,3413 \text{ N}$$

$$NT1 = A_s \times f_y$$

$$= 2946,4 \times 400$$

$$= 1178571,429 \text{ N}$$

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$1047386,087 + 131185,3413 = 1178571,429$$

$$1178571,429 = 1178571,429$$

$$\begin{aligned}
 Z &= d - (1/2 \cdot a) \\
 &= 620 - \left[ 1/2 \cdot 70,41 \right] \\
 &= 584,794 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (NT1 \times Z) \\
 &= \left[ 1178571,429 \times 584,794 \right] \\
 &= 689221199,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \times M_n \\
 &= 0,9 \times 689221199,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &> M_u^+ \\
 &= 620299079,5 \text{ Nmm} > M_u^+ = 604885500,0 \text{ Nmm} \quad \mathbf{Aman}
 \end{aligned}$$

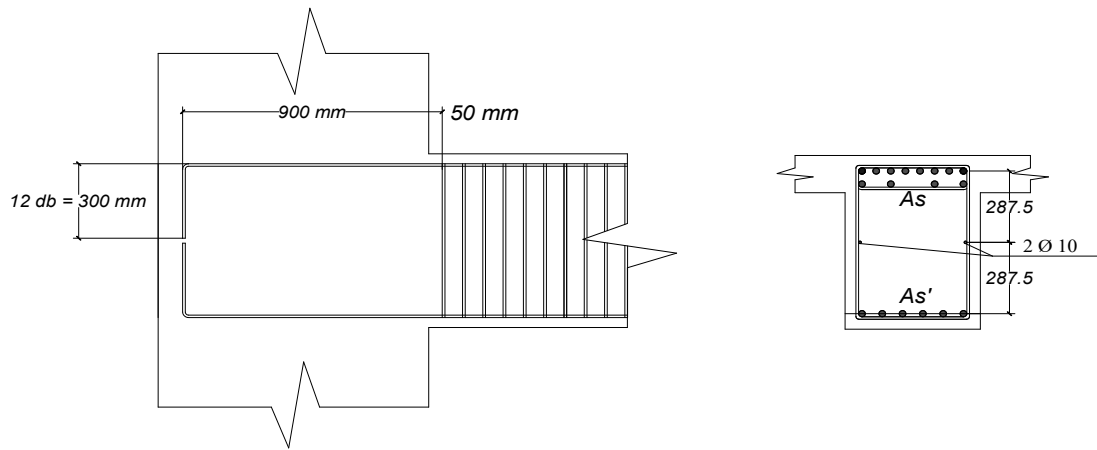
- Penyaluran kait standar

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.7.5, panjang penyaluran batang tulangan ( $l_{dh}$ ), untuk ukuran batang tulangan Ø - 10 sampai D - 36 dengan kait 90°, tidak boleh kurang dari syarat-syarat berikut ini :

- $l_{dh} = 900 \text{ mm}$
- $l_{dh} = 8db = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
- $l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{400 \times 25}{5,4 \times \sqrt{35}} = 313 \text{ mm}$
- $12 db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

Dengan syarat minimum dari hasil perhitungan yang terbesar yaitu 900 mm, maka jika digunakan  $l_{dh}$  sepanjang 900 mm, sudah memenuhi syarat.

Panjang bengkokan yang memenuhi syarat adalah sepanjang 12db dengan sudut bengkokan sebesar 90°.



**Gambar 4.8 Detail Panjang penulangan kait**

#### 4.1.2 Penulangan Geser Balok

- Menghitung Mpr (*Moment Probable Capacities*)

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok yang diperkuat mencapai **1,25 fy**, dan faktor reduksi kuat lentur  $\phi=1$ .

- a) Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kanan

##### Kondisi 1 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 5892,9 \times 400}{0,85 \times 35 \times 500} = 198,07923 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^{+} = 1,25 \times As \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^{+} = 1,25 \times 5892,86 \times 400,0 \left( 637,50 - \frac{198,1}{2} \right) \times 10^{-6} = 1586,54 \text{ kN-m}$$

##### Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 5892,9 \times 400}{0,85 \times 35 \times 500} = 198,1 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^{-} = 1,25 \times As \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^{-} = 1,25 \times 5892,86 \times 400,0 \left( 637,50 - \frac{198,1}{2} \right) \times 10^{-6} = 1586,54 \text{ kN-m}$$

- b). Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri

##### Kondisi 3 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot As' \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 2946,4 \times 400}{0,85 \times 35 \times 500} = 99,04 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^{+} = 1,25 \times A_s' \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^{+} = 1,25 \times 2946,43 \times 400,0 \left( 637,50 - \frac{99,04}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 866,221 \text{ kN-m}$$

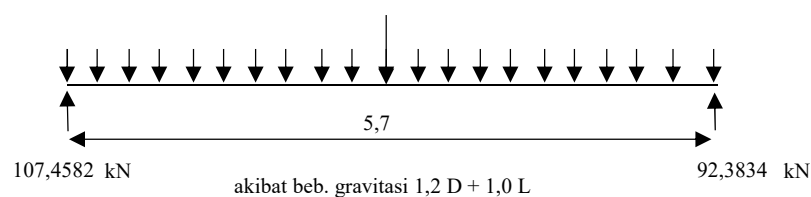
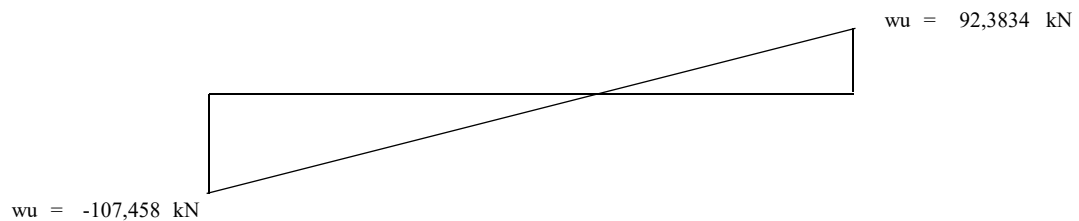
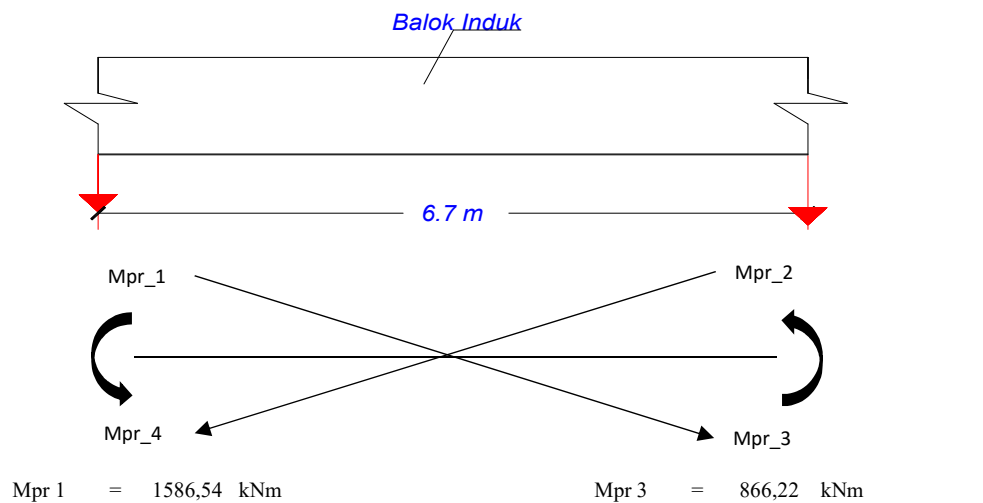
#### Kondisi 4 (Berlawanan arah jarum jam)

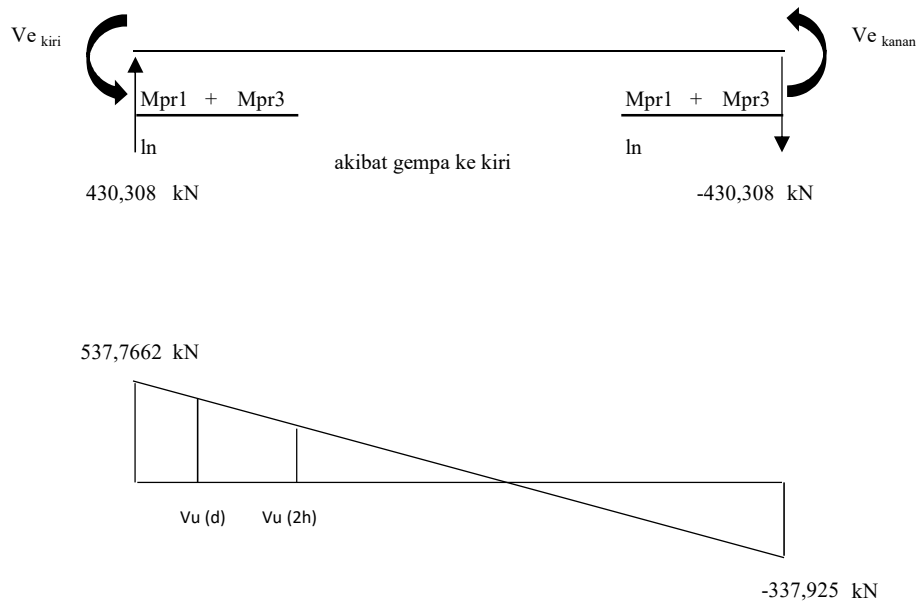
$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 2946,4 \times 400}{0,85 \times 35 \times 500} = 99,04 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^{-} = 1,25 \times A_s' \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^{-} = 1,25 \times 2946,43 \times 400,0 \left( 637,50 - \frac{99,04}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 866,221 \text{ kN-m}$$

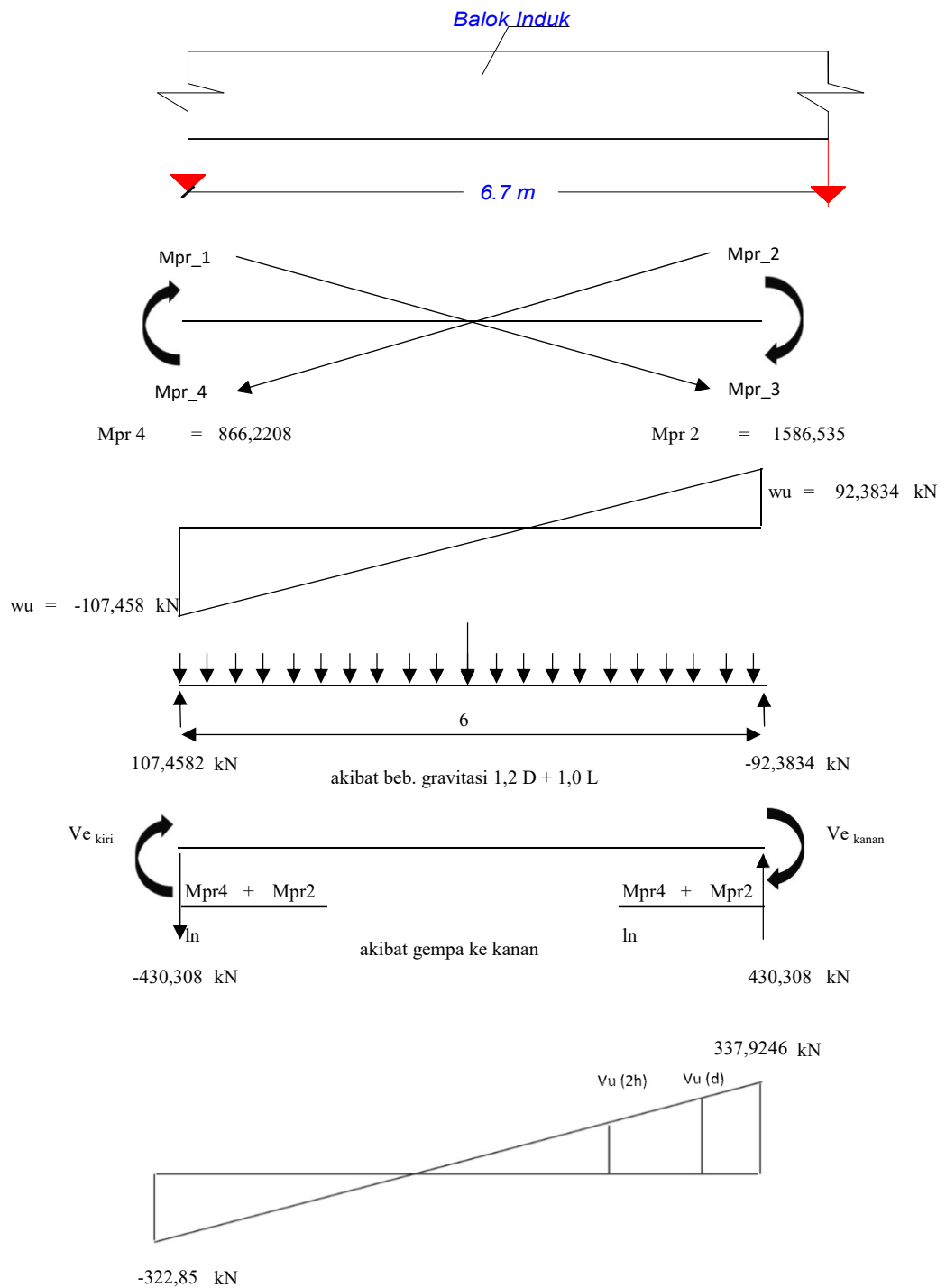




**Gambar 4.9 Desain gaya geser gempa akibat goyangan gempa ke kiri**

-. Akibat Gempa ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kiri}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} + \left( \frac{M_{pr\_1} + M_{pr\_3}}{l_n} \right) \\
 &= 107,458 + \left( \frac{1586,54 + 866,22}{5,7} \right) \\
 &= 537,77 \text{ kN} \\
 V_{e \text{ kanan}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} - \left( \frac{M_{pr\_1} + M_{pr\_3}}{l_n} \right) \\
 &= 92,3834 - \left( \frac{1586,54 + 866,22}{5,7} \right) \\
 &= -337,92 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.10 Desain gaya geser gempa akibat goyangan gempa ke kanan**

-. Akibat Gempa ke kanan

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kanan}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} + \left( \frac{M_{pr\_2} + M_{pr\_4}}{l_n} \right)
 \end{aligned}$$



$$= 107,458 + \left( \frac{1586,54 + 866,22}{5,7} \right)$$

$$= 537,77 \text{ kN}$$

$$V_{e \text{ kiri}} = V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}}$$

$$= V_{\text{gravitasi}} + \left( \frac{M_{pr \ 2} + M_{pr \ 4}}{ln} \right)$$

$$= -107,46 + \left( \frac{1586,54 + 866,22}{5,7} \right)$$

$$= -537,77 \text{ kN}$$

• Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 19)

$$V_u(d) = 537,77 - \left( \frac{2850 - 638}{2850} \right)$$

$$= 537,77 - 0,776$$

$$= 536,99 \text{ kN}$$

$V_c = 0$  apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

a. Gaya geser akibat gempa saja ( akibat Mpr )  $> 0.5$  total geser  
(akibat Mpr + beban grafitasi )

b. gaya aksial tekan  $< A_g \cdot f_c / 10$

$$\text{cek : } M_{pr} = 430,3 > 1 \times 538 = 269$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{536,990}{0,75} - 0,00 = 715,987 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang  $\phi \ 10 \ 4 \text{ kaki}$  )

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 637,50}{715,987} = 67,099 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

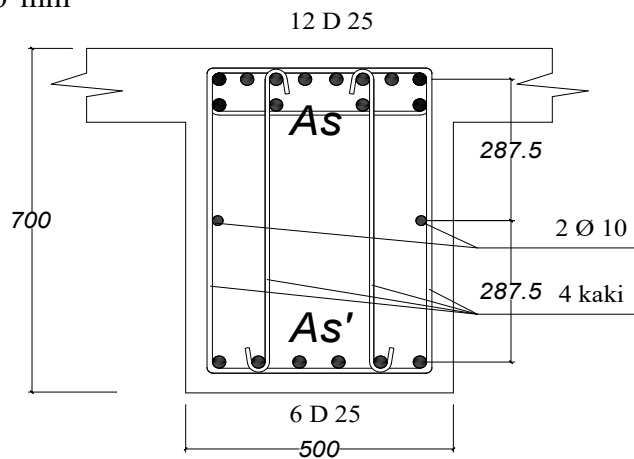
21.5.3.2,  $S_{\text{maks}}$  sepanjang sendi plastis diujung balok  $2h = 2 \times 700$

$= 1400 \text{ mm}$ , spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-\frac{d}{4} = \frac{637,5}{4} = 159,4$$

$$-\text{6 x diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$-\text{150 mm}$$



**Gambar 4.9 Tulangan geser pada daerah sendi plastis kanan**

Jadi dipakai sengkang  $\text{Ø } 10 - 65 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 637,5 \times 10^{-3}}{65}$$

$$= 739,108 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0,00 + 739,11$$

$$= 739,11 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 739,11$$

$$= 554,33 \text{ kN} > V_u(d) = 537,0 \text{ kN} \text{ ..... aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \times \sqrt{35} \times 500 \times 637,5 \times 10^{-3}$$

$$739,11 \text{ kN} < 1244,60 \text{ kN} \text{ ..... OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint 19)**

$$V_{u(2h)} = 537,77 - \left( \frac{2850 - 1400}{2850} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= 537,766 - 0,50877 \\
&= 537,257 \text{ kN} \\
V_c &= 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
&= 0,17 \sqrt{35} \times 500 \times 637,5 \times 10^{-3} \\
&= 320,58 \text{ kN} \\
V_s &= \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{537,26}{0,75} - 320,58 = 395,8 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang  $\phi$  10 3 kaki )

$$\begin{aligned}
s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 637,5 \times 10^{-3}}{395,766} \\
&= 91,04 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

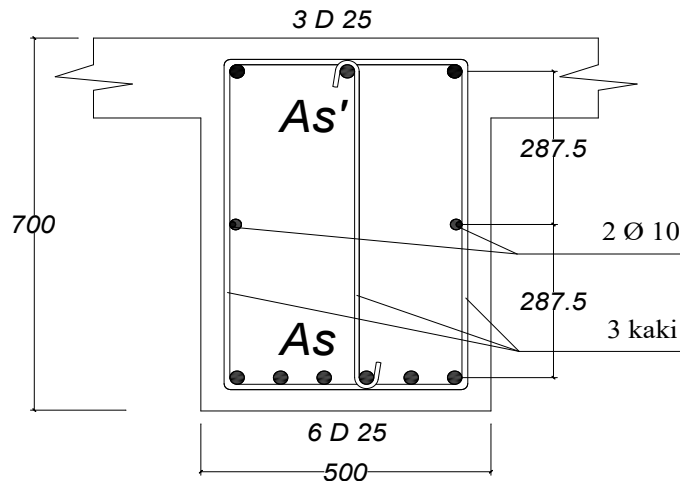
$$- \frac{d}{2} = \frac{637,5}{2} = 318,8 \text{ mm}$$

- 350 mm

Jadi dipakai sengkang  $\phi$  10 - 90 mm

$$\begin{aligned}
V_{s \text{ terpasang}} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 637,5 \times 10^{-3}}{90} \\
&= 400,350 \text{ kN} \\
V_n &= V_c + V_{s \text{ terpasang}} \\
&= 320,578 + 400,350 \\
&= 720,928 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
&= 0,75 \times 720,928 \\
&= 540,70 \text{ kN} > V_u(2h) = 537,26 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
\end{aligned}$$



**Gambar 4.12 Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kanan**

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{35} \times 500 \times 637,5 \times 10^{-3}$$

$$400,350 \text{ kN} < 1244,595 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 17)**

$$\begin{aligned} V_u(d) &= 537,77 - \left( \frac{2850 - 638}{2850} \right) \\ &= 537,77 - [0,7763] \\ &= 536,99 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Vc = 0** apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

a. Gaya geser akibat gempa saja ( akibat Mpr ) > 0.5 total geser  
(akibat Mpr + beban grafitasi )

b. gaya aksial tekan < Ag.fc/10

$$\text{cek : } M_{pr} = 430 > 0,5 \times 338 = 169$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{536,990}{0,75} - 0,00 = 715,987 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang  $\phi$  10 ( 4 kaki )

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 638}{715,987} = 67,160 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

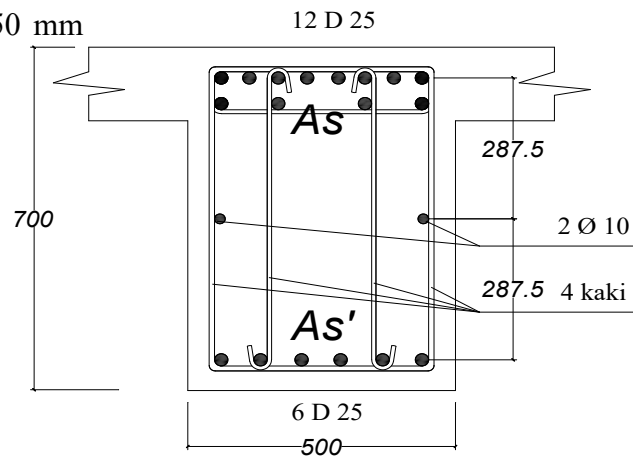
21.5.3.2,  $S_{maks}$  sepanjang sendi plastis diujung balok  $2h = 2 \times 700$

= 1400 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-\frac{d}{4} = \frac{637,5}{4} = 159,4$$

$$-\ 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$-\ 150 \text{ mm}$$



**Gambar 4.13 Tulangan geser pada daerah sendi plastis kiri**

Jadi dipakai sengkang  $\varnothing 10 - 65 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 637,5 \times 10^{-3}}{65}$$

$$= 739,780 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0,00 + 739,78$$

$$= 739,78 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 739,78$$

$$= 554,84 \text{ kN} > V_u(d) = 537,0 \text{ kN} \text{ ..... aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$\bullet V_s \text{ maks} \leq 0,66 \times \sqrt{35} \times 500 \times 637,5 \times 10^{-3}$$

$$739,78 \text{ kN} < 1244,60 \text{ kN} \text{ ..... OK}$$

**Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint 17)**

$$\begin{aligned}
 V_u(2h) &= 537,77 - \left[ \frac{(2850 - 1400)}{2850} \right] \\
 &= 537,766 - [0,50877] \\
 &= 537,257 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
 &= 0,17 \sqrt{35} \times 500 \times 637,5 \times 10^{-3} \\
 &= 320,58 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{537,26}{0,75} - 320,58 = 395,766 \text{ kN}$$

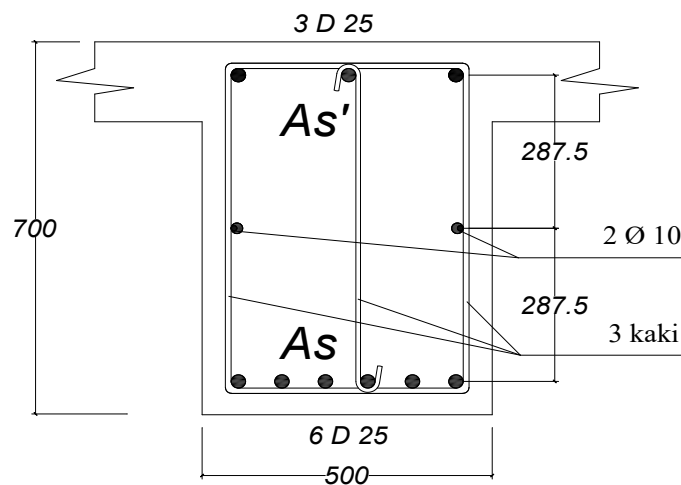
Direncanakan tulangan sengkang  $\phi$  10 3 kaki )

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 637,5 \times 10^{-3}}{395,766} \\
 &= 91,13 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{637,5}{2} = 318,8 \text{ mm}$$

- 350 mm



**Gambar 4.14 Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kiri**

Jadi dipakai sengkang  $\phi$  10 - 90 mm

$$V_{s \text{ terpasang}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 637,5 \times 10^{-3}}{90}$$

$$= 400,714 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_{s \text{ terpasang}}$$

$$= 320,578 + 400,714$$

$$= 721,292 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 721,292$$

$$= 540,97 \text{ kN} > V_u (2h) = 537,26 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_{s \text{ maks}} \leq 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_{s \text{ maks}} \leq 0,66 \sqrt{35} \times 500 \times 637,5 \times 10^{-3}$$

$$400,714 \text{ kN} < 1244,595 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan di atas maka dipasang tulangan sengkang sebagai berikut :

- Joint 19

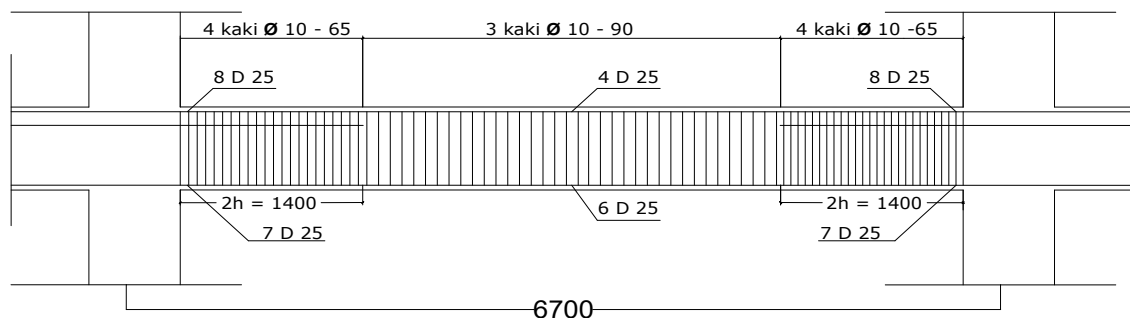
- Daerah sendi plastis = 4 kaki  $\phi$  10 - 65 mm

- Daerah luar sendi plastis = 3 kaki  $\phi$  10 - 90 mm

- Joint 17

- Daerah sendi plastis = 4 kaki  $\phi$  10 - 65 mm

- Daerah luar sendi plastis = 3 kaki  $\phi$  10 - 90 mm



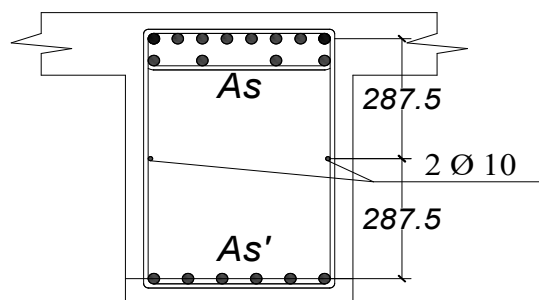
**Gambar 4.15 Penulangan geser pada balok**

### Penulangan Torsi

Pada balok tinggi, pemasangan tulangan torsi perlu dilakukan untuk menghindari puntir yang terjadi akibat besarnya beban gempa yang terjadi. Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.6, penulangan torsi harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Pada tiap sudut sengkang harus terdapat minimal 1 buah tul. Longitudinal.
- Spasi maksimum antara tulangan longitudinal untuk torsi disekitar perimeter tulangan sengkang adalah 300 mm.
- Diameter tulangan harus diambil dari yang terbesar dari  $0,042 \times$  spasi terbesar sengkang dan 10 mm.

Pada Analisa penulangan lentur balok, diketahui bentang bersih terdekat antar tulangan tarik dan tulangan tekan adalah 575 mm. Maka dari itu, untuk memenuhi persyaratan spasi maksimum sebesar 300 mm, maka diperlukan 1 tulangan longitudinal sebagai tulangan torsi. Sehingga jarak maksimum antar tulangan longitudinal balok yang terjadi adalah sebesar: 287,5 mm  
Sedangkan untuk diameter tulangan, dengan spasi terbesar yang direncanakan yaitu 90 mm, maka  $0,042 \times 90 \text{ mm} = 3,78 \text{ mm}$ , digunakan  $\varnothing 10$



**Gambar 4.16 Penulangan torsi pada balok**



## 4.2 Perhitungan Penulangan Kolom

### 4.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 16 D 32

Diketahui :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}} - h_{\text{balok}}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$= 3000 - 700 = 2300 \text{ mm}$$

Tulangan sengkang  $\emptyset 12$

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

Tulangan utama dipakai D 32

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Tebal selimut beton 40 mm

Dicoba tulangan D 32 mm

$$d = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

$$= 1000 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 32$$

$$= 932,0 \text{ mm}$$

$$d' = 1000 - 932,0 = 68,0 \text{ mm}$$

- Luas Penampang kolom ( $A_g$ )

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 1000 \times 1000$$

$$= 1000000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } 16 \text{ D } 32 \text{ } A_{s_t} = 12861 \text{ mm}^2$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 10.9.1, Luas tulangan Longitudinal,  $A_{s_t}$ , untuk

komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih

dari  $0,08A_g$

Periksa Rasio Tulangan Memanjang :

$$\rho_g = \frac{A_{s_t}}{A_g} = \frac{12861}{1000000} = 0,013$$

$$0,01 A_g < \rho_g = 0,013 < 0,08 A_g$$

- Beban Sentris

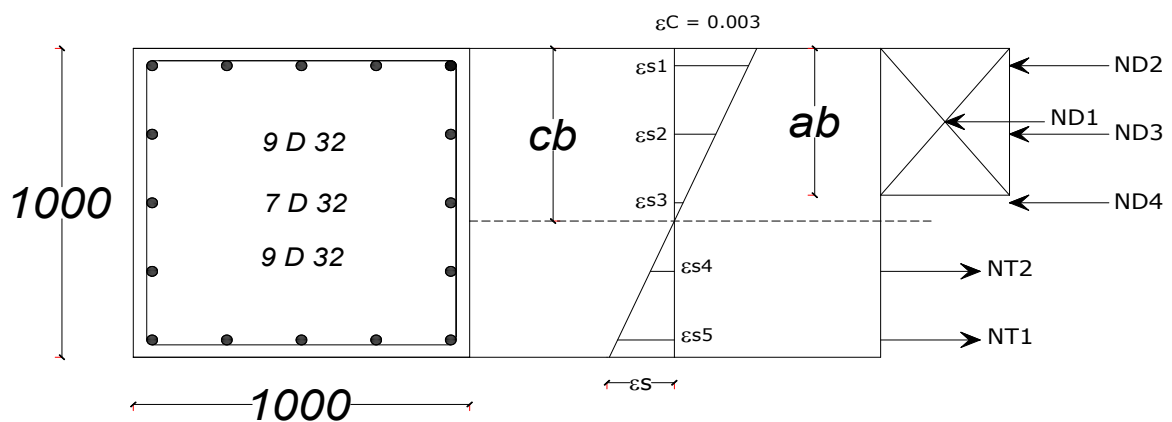
$$\begin{aligned} P_n &= 0,80 \cdot P_o & \phi P_n &= 0,65 \times 27609,559 \\ &= 0,80 \cdot 34511,948 & &= 17946,213 \text{ kN} \\ &= 27609,559 \text{ kN} \end{aligned}$$

### ● Kondisi Seimbang

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 932,0}{600 + 400} = 559,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} ab &= c \cdot \beta \\ &= 559,2 \times 0,85 \\ &= 475,32 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\ &= 0,85 \cdot x \cdot 35 \cdot x \cdot 475,320 \cdot x \cdot 1000 \cdot x \cdot 10^{-3} \\ &= 14140,8 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 4.17 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang 16 D 32**

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\varepsilon_{S_1} = \frac{c - d'}{c} \times ec = \frac{559,2 - 68,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00264 > \varepsilon_y; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND2} = \text{As1} \times \text{fs} \quad (5 \text{ D } 32)$$

$$= 4022,86 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{1609,14 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{559,2 - 284,00}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00148 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{559,2 - 500,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00032 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00032 \times 200000 = 63,519 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND4} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 63,519 \times 10^{-3} = \mathbf{102,21 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{716,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00084 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00084 \times 200000 = 168,24 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT1} = A_{s8} \times f_s \quad (5 \text{ D } 32)$$

$$= 4022,86 \times 168,24 \times 10^{-3} = \mathbf{676,81 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{932,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00200 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT2} = A_{s9} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{Pnb} = \mathbf{ND1} + \mathbf{ND2} + \mathbf{ND3} + \mathbf{ND4} - \mathbf{NT1} - \mathbf{NT2}$$

$$= 14140,8 + 1609,14 + 643,657 + 102,212 - 676,81 - 643,657$$

$$= \mathbf{15175,318 \text{ kN}}$$

$$\phi \mathbf{Pnb} = 0,65 \times 15175,318$$

$$= \mathbf{9863,96 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{Mnb} = \mathbf{ND1} \left( \frac{h}{2} - \frac{a_b}{2} \right) + \{ (\mathbf{ND2} + \mathbf{NT1}) \cdot \left( \frac{h}{2} - d' \right) \} + \{ (\mathbf{ND3} + \mathbf{NT2}) \cdot \left( \frac{h}{2} - y_1 \right) \} \\ + \{ (\mathbf{ND4}) \cdot \left( \frac{h}{2} - y_2 \right) \}$$

$$= 14140,8 \left[ \frac{1000}{2} - \frac{475,3}{2} \right] + \left[ 1609,14 + 676,807 \times \right.$$

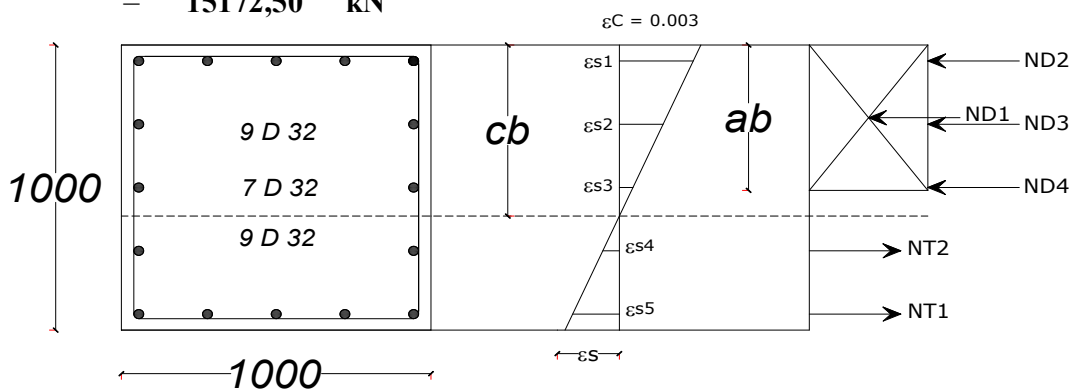
$$\begin{aligned}
& \left[ \left( \frac{1000}{2} - 68,0 \right) \right] + \left[ \left( 643,66 + 643,66 \right) \times \left( \frac{1000}{2} - 284,0 \right) \right] \\
& + \left[ \left( 102,21 \right) \times \left( \frac{1000}{2} - 500,0 \right) \right] \\
& 10^{-3} \\
& = \left[ 3709689,602 + 987530,281 + 278059,886 + 50605,825 \right] 10^{-3} \\
& = 5025,886 \text{ kNm} \\
\phi M_{nb} &= 0,65 \times 5025,9 \\
&= 3266,8 \text{ kNm} \\
e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{5025,8856}{15175,318} = 0,3312 \text{ m} = 331,188 \text{ mm}
\end{aligned}$$

• **Kondisi Patah Desak** ( $c > c_b$ )

Dipakai nilai  $c = 600 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
a_b &= c \cdot \beta \\
&= 600 \times 0,85 \\
&= 510 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
&= 0,85 \times 35 \times 510,0 \times 1000 \times 10^{-3} \\
&= 15172,50 \text{ kN}
\end{aligned}$$



**Gambar 4.18 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak 16 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{600 - 68}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00266 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ND2} = A_{s1} \times f_s \quad (5 \text{ D } 32)$$

$$= 4022,857 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{1609,14 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{600 - 284,00}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00158 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{600 - 500}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00050 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00050 \times 200000 = 100,00 \text{ MPa}$$

$$\text{ND4} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 100,00 \times 10^{-3} = \mathbf{160,914 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{716,0 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00058 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00058 \times 200000 = 116 \text{ MPa}$$

$$\text{NT1} = A_{s8} \times f_s \quad (5 \text{ D } 32)$$

$$= 4022,86 \times 116,00 \times 10^{-3} = \mathbf{466,651 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{932 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00166 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00166 \times 200000 = 332,00 \text{ MPa}$$

$$\text{NT2} = A_{s9} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 332,00 \times 10^{-3} = \mathbf{534,235 \text{ kN}}$$

$$P_n = \text{ND1} + \text{ND2} + \text{ND3} + \text{ND4} - \text{NT1} - \text{NT2}$$

$$= 15172,500 + 1609,14 + 643,657 + 160,914 - 466,651 - 534,235$$

$$= 16585,327 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 16585,327$$

$$= 10780,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\ &\quad + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y3)\} \\ &\quad + \{(ND6 + NT5).(h/2 - y4)\} + \{(ND7).(h/2 - y5)\} \\ &\quad + \{(ND8).(h/2 - y6)\} \\ &= 15172,5 \left[ 1000 / 2 - 510 / 2 \right] + \left[ (1609,14 + 466,651) \times \right. \\ &\quad \left. \left[ 1000 / 2 - 68,0 \right] \right] + \left[ (643,66 + 534,24) \times \left[ 1000 / 2 - 284,0 \right] \right] \\ &\quad + \left[ (160,91) \times \left[ 1000 / 2 - 500,0 \right] \right] 10^{-3} \\ &= \left[ 3717262,5 + 896743 + 254424,8 + 79957,1 \right] 10^{-3} \\ &= 4948,388 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,65 \times 4948,388 \\ &= 3216,45 \text{ kNm} \end{aligned}$$

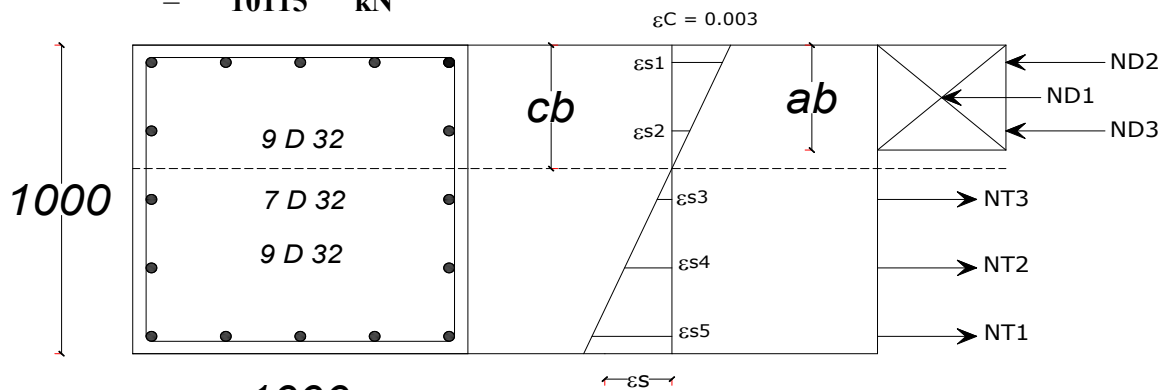
$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{4948,39}{16585,327} = 0,2984 \text{ m} = 298,36 \text{ mm}$$

• **Kondisi Patah Tarik ( $c < c_b$ )**

Dipakai nilai  $c = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} ab &= c \cdot \beta \\ &= 400 \times 0,85 \\ &= 340,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \times 35 \times 340,0 \times 1000 \times 10^{-3} \\ &= 10115 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 4.19 Diagram <sup>1000</sup>tegangan dan regangan kolom kondisi patah tarik 16 D 32**

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{400 - 68}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00249 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \times (5 \text{ D } 32)$$

$$= 4022,857 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{1609,14 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{400 - 284,00}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00087 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00087 \times 200000 = 174 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \times (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 174,00 \times 10^{-3} = \mathbf{279,991 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{500 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00075 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00075 \times 200000 = 150 \text{ MPa}$$

$$NT1 = A_{s6} \times f_s \times (5 \text{ D } 32)$$

$$= 4022,86 \times 150,000 \times 10^{-3} = \mathbf{603,43 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{716 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00237 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$NT2 = A_{s6} \times f_s \times (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{932 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00399 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$NT3 = A_{s6} \times f_s \times (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 - NT1 - NT2 - NT3$$

NT6 - NT7

$$= 10115 + 1609,14 + 279,991 - 603,429 - 643,66 - 643,657$$

$$= 10113,391 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 10113,391$$

$$= 6573,7 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\ + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\}$$

$$= 10115,0 \left[ 1000 / 2 - 340 / 2 \right] + \left[ (1609,14 + 603,429) \times \left[ 1000 / 2 - 68,0 \right] \right] + \left[ (279,99 + 643,66) \times \left[ 1000 / 2 - 284,0 \right] \right] \\ + \left[ 643,7 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 400,0 \right] 10^{-3}$$

$$= \left[ 3337950 + 955831 + 199508,0 + 321428,6 \right] 10^{-3}$$

$$= 4814,717 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \times 4814,7$$

$$= 3129,566 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{4814,717}{10113,391} = 0,476 \text{ m} = 476 \text{ mm}$$

#### • Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 9 \text{ D } 32 = 7234,560 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 7 \text{ D } 32 = 5626,880 \text{ mm}^2$$

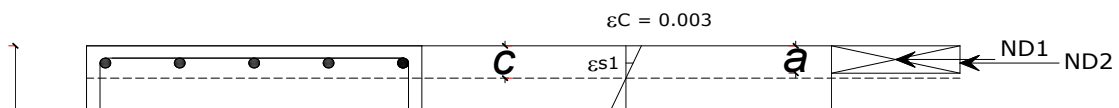
$$A_{s1} = 5 \text{ D } 32 = 4019,200 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 2 \text{ D } 32 = 1607,680 \text{ mm}^2$$

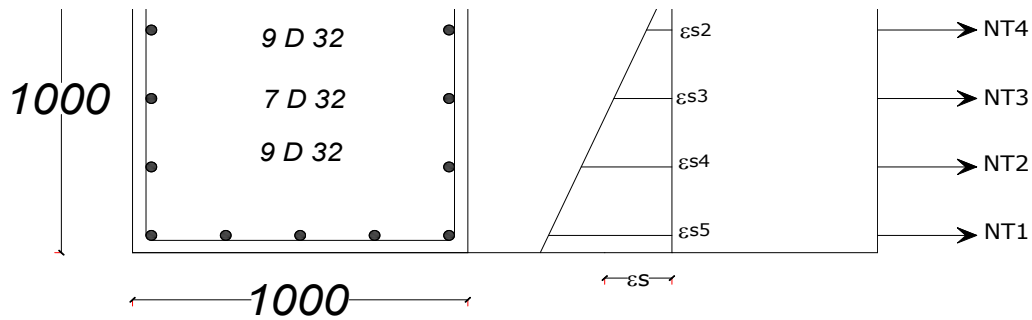
$$y1 = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$y2 = 68 + 216 = 284 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{4019,2 \times 68 + 1607,7 \times 284}{5626,880} = 129,72 \text{ mm}$$







**Gambar 4.20 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 16 D 32**

Dimisalkan garis netral ( $c$ )  $> y_1$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 5626,880 - 7234,560 \times 400 \right] c - 600 \times 5626,880 \times 129,7 = 0$$

$$25288 c^2 + 482304,00 c - 437951324,2 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai  $c$  :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-482304 \pm \sqrt{482304^2 - 4 \times 25288 \times 437951324,2}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{-482304 + 6673184,7}{50575} = 122,4 \text{ mm}$$

$$c = 122,4 \text{ mm}$$

Karena nilai  $c < y_2$  maka dihitung nilai  $c$  sebenarnya berdasarkan persamaan yang kedua.

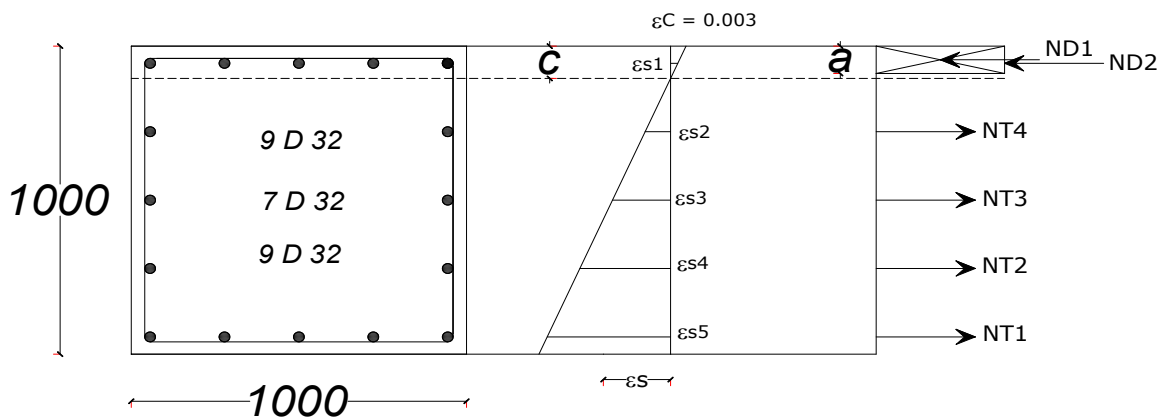
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 11 \text{ D } 32 = 8850,286 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 5 \text{ D } 32 = 4022,857 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 68 = 932,0 \text{ mm}$$



**Gambar 4.21 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 16 D 32**

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta \cdot 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 4022,857 - 8850,286 \right. \\ \left. \times 400 \right] c - 600 \times 4022,857 \times 68,0 = 0$$

$$25288 c^2 + -1126400,00 c - 164132571,4 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{1126400 \pm \sqrt{-1126400^2 - 4 \times 25288 \times 164132571,4}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{1126400 + 4227385,3}{50575} = 105,858 \text{ mm}$$

$$c = 105,858 \text{ mm}$$

Dihitung nilai a :

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 105,858 = 89,980 \text{ mm}$$

$$\text{ND1} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 89,980 \times 1000$$

$$= 2676,893 \text{ kN}$$

$$\text{ND2} = f_s' \cdot A_s'$$

$$= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s'$$

$$= \frac{105,858 - 68,0}{105,858} \times 600 \times 4022,857 \times 10^{-3}$$

$$= 863,222 \text{ kN}$$

$$\text{NT1} = A_s \times f_y$$

$$= 4022,857 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 1609,14 \text{ kN}$$

$$\text{NT2} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{NT3} &= A_s \times f_y \\ &= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} \\ &= 643,66 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT4} &= A_s \times f_y \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\ &= 643,657 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{ND1} + \text{ND2} = \text{NT1} + \text{NT2} + \text{NT3} + \text{NT4}$$

$$\begin{aligned} 2676,893 + 863,22 &= 1609,14 + 643,657 + 643,657 + 643,657 \\ 3540,114 &= 3540,114 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZND1} &= c - a/2 & \text{ZNT4} &= y_6 - c \\ &= 105,858 - 89,980 / 2 & &= 753,86 - 105,858 \\ &= 60,87 \text{ mm} & &= 648,000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZND2} &= c - y_1 \\ &= 105,858 - 68 \\ &= 37,858 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZNT1} &= y_3 - c \\ &= 284,000 - 105,858 \\ &= 178,142 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZNT2} &= y_4 - c \\ &= 321,9 - 284,000 \\ &= 37,858 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZNT3} &= y_5 - c \\ &= 537,9 - 284,000 \\ &= 253,858 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= ((\text{ND1} \cdot \text{ZND1}) + (\text{ND2} \cdot \text{ZND2}) + (\text{NT1} \cdot \text{ZNT2}) + (\text{NT2} \cdot \text{ZNT2}) + (\text{NT3} \cdot \text{ZNT3}) + \\ &\quad (\text{NT4} \cdot \text{ZNT4})) \end{aligned}$$

$$= \left[ 2676,893 \times 60,8685 \right] + \left[ 863,222 \times 37,858 \right] + \left[ 1609,14 \times 178,142 \right] \\ + \left[ 643,657 \times 37,858 \right] + \left[ 643,657 \times 253,858 \right] + \left[ 643,657 \times 648,000 \right] \\ 10^{-3}$$

$$= 1087,129 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \times 1087,129$$

$$= 706,634 \text{ kNm}$$

Tabel 4.1 Diagram Interaksi kolom 16 D 32

Kondisi	16 D 32	
	$\phi P_n$ (kN)	$\phi M_n$ (kNm)
Sentris	17946,21	0
Patah Desak	10580,46	3366,452
Balance	8963,96	3566,826
Patah Tarik	5823,704	3229,566
Lentur	0	1056,634

#### 4.2.2 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 20 D 32

Diketahui :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}} - h_{\text{balok}}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$= 3000 - 700 = 2300 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang } \emptyset 12$$

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama dipakai } D 32$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal selimut beton } 40 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } D 32 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

$$= 1000 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 32$$

$$= 932,0 \text{ mm}$$

$$d' = 1000 - 932,0 = 68,0 \text{ mm}$$

- Luas Penampang kolom ( $A_g$ )

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 1000 \times 1000$$

$$= 1000000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } 20 \text{ D } 32 \text{ } A_{s_t} = 16077 \text{ mm}^2$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 10.9.1, Luas tulangan Longitudinal,  $A_{s_t}$ , untuk

komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,08A_g$

Periksa Rasio Tulangan Memanjang :

$$\rho_g = \frac{A_{s_t}}{A_g} = \frac{16077}{1000000} = 0,016$$

$$0,01 A_g < \rho_g = 0,016 < 0,08 A_g$$

- Beban Sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f_c (A_g - A_{s_t}) + f_y \cdot A_{s_t}$$

$$= (0,85 \cdot 35 (1000000 - 16076,8) + 400 \cdot 16076,8) \cdot 10^{-3} = 35702,435 \text{ kN}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 28561,948$$

$$= 0,80 \cdot 35702,435 = 18565,266 \text{ kN}$$

$$= 28561,948 \text{ kN}$$

• **Kondisi Seimbang**

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 932,0}{600 + 400} = 559,2 \text{ mm}$$

$$a_b = c \cdot \beta$$

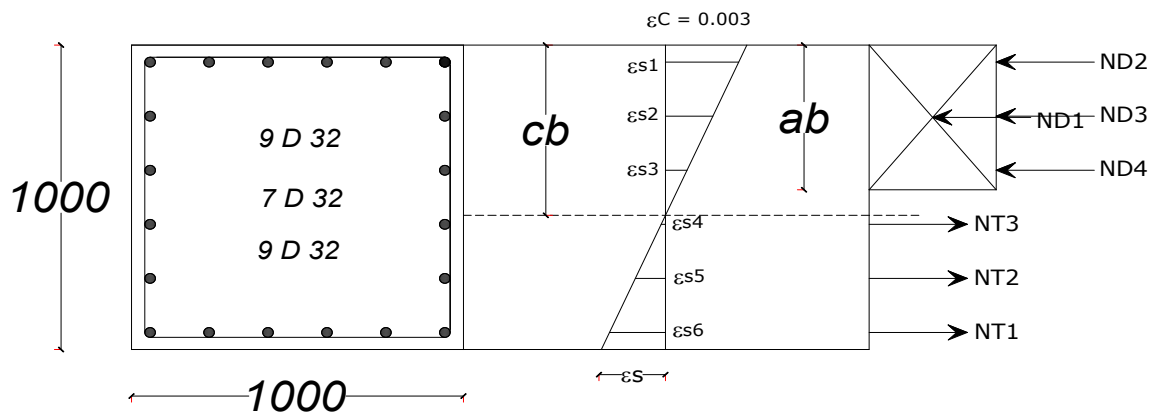
$$= 559,2 \times 0,85$$

$$= 475,32 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 475,320 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 14140,8 \text{ kN}$$



**Gambar 4.22 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang 20 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{S1} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{559,2 - 68,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00264 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (6 \text{ D } 32)$$

$$= 4827,43 \times 400 \times 10^{-3} = 1930,97 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{S2} = \frac{559,2 - 240,80}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00171 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00171 \times 200000 = 341,631 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 341,631 \times 10^{-3} = \mathbf{549,73 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{559,2 - 413,6}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00078 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00078 \times 200000 = 156,223 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND4} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 156,223 \times 10^{-3} = \mathbf{251,39 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{586,4 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00015 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00015 \times 200000 = 29,18 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT1} = A_{s4} \times f_s \quad (6 \text{ D } 32)$$

$$= 4827,43 \times 29,18 \times 10^{-3} = \mathbf{140,89 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s9} = \frac{759,20 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00107 = \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00107 \times 200000 = 214,592 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT2} = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 214,592 \times 10^{-3} = \mathbf{345,310 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s10} = \frac{932,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00200 = \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT3} = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$P_{nb} = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 - NT1 - NT2 - NT3$$

$$= 14140,8 + 1930,97 + 549,733 + 251,385 - 140,89 - 345,310 - 643,657$$



$$= 15743,007 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \times 15743,007$$

$$= 10232,95 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\ &\quad + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} \\ &= 14140,8 \left[ 1000 / 2 - 475,3 / 2 \right] + \left[ (1930,97 + 140,886) \times \right. \\ &\quad \left. \left[ 1000 / 2 - 68,0 \right] + \left[ (549,73 + 345,31) \times \left[ 1000 / 2 - 240,8 \right] \right] \right. \\ &\quad \left. + \left[ (251,39 + 643,7) \times \left[ 1000 / 2 - 413,6 \right] \right] \right] 10^{-3} \\ &= \left[ 3709689,602 + 895043 + 231995,0 + 447107,7 \right] 10^{-3} \\ &= 5283,835 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_{nb} = 0,65 \times 5283,8$$

$$= 3434,5 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{5283,8349}{15743,007} = 0,3356 \text{ m} = 335,631 \text{ mm}$$

• **Kondisi Patah Desak** ( $c > c_b$ )

Dipakai nilai  $c = 600 \text{ mm}$

$$a = c \cdot \beta$$

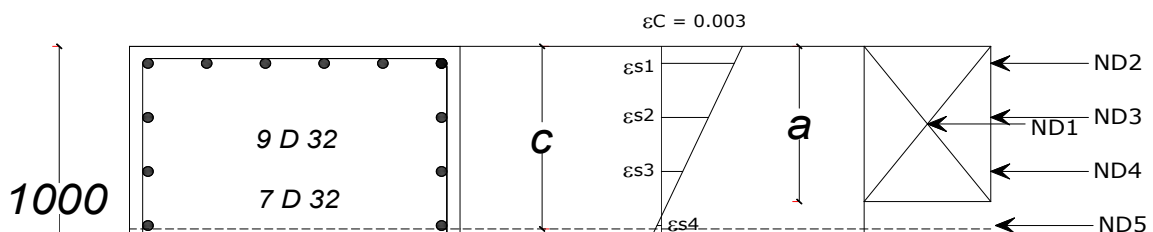
$$= 600,0 \times 0,85$$

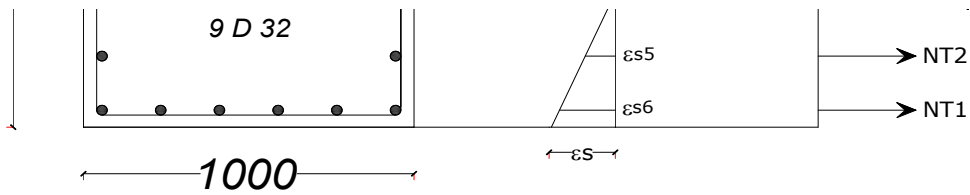
$$= 510,0 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 510,0 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 15172,50 \text{ kN}$$





**Gambar 4.23 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak 20 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{600 - 68}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00266 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (6 \text{ D } 32)$$

$$= 4827,429 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{1930,97 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{600 - 240,80}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00180 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00180 \times 200000 = 359,2 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 359,2 \times 10^{-3} = \mathbf{578,004 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{600 - 413,6}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00093 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00093 \times 200000 = 186,40 \text{ MPa}$$

$$ND4 = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 186,40 \times 10^{-3} = \mathbf{299,944 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{600,0 - 586,4}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00007 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00007 \times 200000 = 13,6 \text{ MPa}$$

$$NT1 = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 4827,43 \times 13,6 \times 10^{-3} = \mathbf{65,653 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s9} = \frac{759 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00080 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00080 \times 200000 = 159,20 \text{ MPa}$$

$$NT2 = As5 \times fs \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 159,20 \times 10^{-3} = \mathbf{256,176 \text{ kN}}$$

$$\epsilon s_9 = \frac{932 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00166 < \epsilon_y ; \text{ maka } fs = 0,00166 \times 200000 = 332,00 \text{ MPa}$$

$$NT3 = As5 \times fs \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 332,00 \times 10^{-3} = \mathbf{534,235 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 - NT1 - NT2 - NT3$$

$$= 15172,500 + 1930,97 + 578,004 + 299,944 - 65,653 - 256,176 - 534,235$$

$$= 17125,356 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 17125,356$$

$$= 11131,5 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\}$$

$$= 15172,5 \left[ 1000 / 2 - 510 / 2 \right] + \left[ (1930,97 + 65,653) \times \left[ 1000 / 2 - 68,0 \right] \right] + \left[ (578,00 + 256,18) \times \left[ 1000 / 2 - 240,8 \right] \right] + \left[ (299,94 + 534,235) \times \left[ 1000 / 2 - 413,6 \right] \right] 10^{-3}$$

$$= \left[ 3717262,5 + 862542 + 216219,4 + 416676,2 \right] 10^{-3}$$

$$= 5212,700 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \times 5212,700$$

$$= 3388,25 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{5212,70}{17125,356} = 0,3044 \text{ m} = 304,38 \text{ mm}$$

- **Kondisi Patah Tarik ( $c < c_b$ )**

Dipakai nilai  $c = 400 \text{ mm}$

$$ab = c \cdot \beta$$

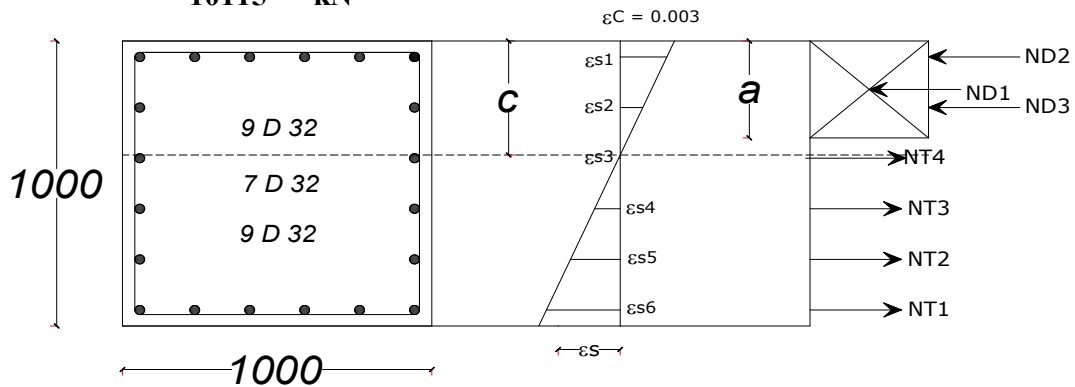
$$= 400 \times 0,85$$

$$= 340,0 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 340,0 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= \mathbf{10115 \text{ kN}}$$



**Gambar 4.24 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah tarik 20 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{400 - 68}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00249 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400,00 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \times (6 \text{ D } 32)$$

$$= 4827,429 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{1930,97 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{400 - 240,80}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00119 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00119 \times 200000 = 238,8 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \times (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 238,8 \times 10^{-3} = \mathbf{384,263 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{413,60 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00010 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00010 \times 200000 = 20,4 \text{ MPa}$$

$$\text{NT1} = A_s2 \times f_s \quad (6 \text{ D } 32)$$

$$= 4827,43 \times 20,4 \times 10^{-3} = \mathbf{98,48 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s_6} = \frac{586 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00140 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00140 \times 200000 = 280 \text{ MPa}$$

$$\text{NT2} = A_s2 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 279,600 \times 10^{-3} = \mathbf{449,916 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s_7} = \frac{759 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00269 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT3} = A_s2 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s_8} = \frac{932 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00399 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT4} = A_s2 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4$$

$$= 10115 + 1930,97 + 384,263 - 98,480 - 449,92 - 643,657 \\ - 643,657$$

$$= 10594,525 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 10594,525$$

$$= 6886,44 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\ + \{(NT3).(h/2 - y2)\} + \{(NT4).(h/2 - y3)\}$$

$$\begin{aligned}
&= 10115,0 \left[ 1000 / 2 - 340 / 2 \right] \left[ \left( 1930,97 + 98,48 \right) \times \right. \\
&\quad \left. \left[ 1000 / 2 - 68 \right] \right] + \left[ \left( 384,26 + 449,92 \right) \times \left[ 1000 / 2 - 240,8 \right] \right] + \\
&\quad \left[ \left( 643,7 \right) \times \left[ 1000 / 2 - 413,6 \right] \right] + \left[ \left( 643,7 \right) \times \left[ 1000 / 2 - 586,4 \right] \right] \\
&\quad 10^{-3} \\
&= \left[ 3337950 + 876723 + 216219,4 + 321415,0 + \right. \\
&\quad \left. -55611,97714 \right] 10^{-3} \\
&= 4696,695 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_n &= 0,65 \times 4696,7 \\
&= 3052,852 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{4696,695}{10594,525} = 0,443 \text{ m} = 443 \text{ mm}$$

#### • Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 10 \text{ D } 32 = 8038,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 10 \text{ D } 32 = 8038,400 \text{ mm}^2$$

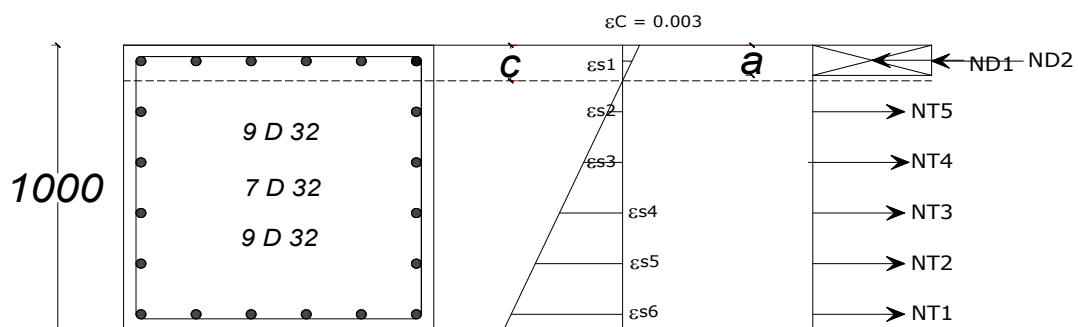
$$A_{s1} = 6 \text{ D } 32 = 4823,040 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 4 \text{ D } 32 = 3215,360 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$y_2 = 68 + 172,8 = 241 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{4823,04 \times 68 + 3215,4 \times 241}{8038,400} = 137,12 \text{ mm}$$



$$\overbrace{\hspace{1.5cm}}^{1000} \quad \overbrace{\hspace{1.5cm}}^{\varepsilon_s}$$

**Gambar 4.25 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 20 D 32**

Dimisalkan garis netral ( $c$ )  $> y_1$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 8038,400 - 8038,400 \times 400 \right] c - 600 \times 8038,400 \times 137,1 = 0$$

$$25288 c^2 + 1607680,00 c - 661335244,8 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai  $c$  :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-1607680 \pm \sqrt{1607680^2 - 4 \times 25288 \times 661335244,8}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{-1607680 + 8335388,1}{50575} = 133,0 \text{ mm}$$

$$c = 133,0 \text{ mm}$$

Karena nilai  $c < y_2$  maka dihitung nilai  $c$  sebenarnya berdasarkan persamaan yang kedua.

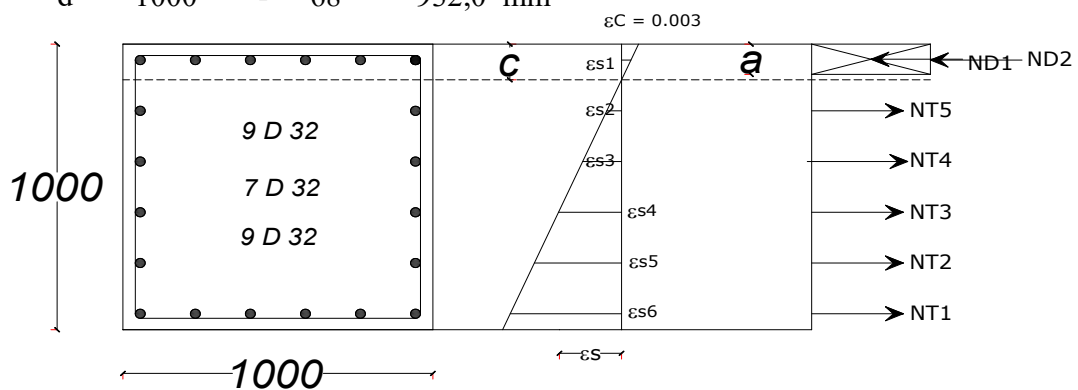
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 14 \text{ D } 32 = 11264,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 6 \text{ D } 32 = 4827,429 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 68 = 932,0 \text{ mm}$$



**Gambar 4.26 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 20 D 32**

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 4827,429 - 11264,000 \right. \\ \left. \times 400 \right] c - 600 \times 4827,429 \times 68,0 = 0$$

$$25288 \cdot c^2 + -1609142,86 \cdot c - 196959085,7 = 0$$



dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{1609143 + \sqrt{-1609143^2 - 4 \times 25288 \times 196959085,7}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{1609142,9 + 4744655,1}{50575} = 125,631 \text{ mm}$$

$$c = 125,631 \text{ mm}$$

Dihitung nilai a :

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 125,631 = 106,787 \text{ mm}$$

$$\text{ND1} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 106,787 \times 1000$$

$$= 3176,899 \text{ kN}$$

$$\text{ND2} = f_s' \cdot A_s'$$

$$= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s'$$

$$= \frac{125,631 - 68,0}{125,631} \times 600 \times 4827,429 \times 10^{-3}$$

$$= 1328,701 \text{ kN}$$

$$\text{NT1} = A_s \times f_y$$

$$= 4827,429 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 1930,97 \text{ kN}$$

$$\text{NT2} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
NT3 &= A_s \times f_y \\
&= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 643,66 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NT4 &= A_s \times f_y \\
&= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 643,657 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NT5 &= A_s \times f_y \\
&= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 643,657 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$ND1+ND2 = NT1+NT2+NT3+NT4+NT5$$

$$\begin{aligned}
3176,899 + 1328,70 &= 1930,97 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 \\
4505,6 &= 4505,6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZND1 &= c - a/2 \\
&= 125,631 - 106,787 / 2 \\
&= 72,24 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZNT4 &= y5 - c \\
&= 759,20 - 125,631 \\
&= 633,569 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZND2 &= c - y1 \\
&= 125,631 - 68 \\
&= 57,631 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZNT5 &= y6 - c \\
&= 932,00 - 125,631 \\
&= 806,369 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZNT1 &= y2 - c \\
&= 240,8 - 125,631 \\
&= 115,169 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZNT2 &= y3 - c \\
&= 413,6 - 125,631 \\
&= 287,969 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZNT3 &= y4 - c \\
&= 586,4 - 125,631 \\
&= 460,769 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$M_n = ((ND1.ZND1)+(ND2.ZND2)+(NT1.ZNT2)+(NT2.ZNT2)+(NT3.ZNT3))$$

$$\begin{aligned}
& + (NT4.ZNT4) + (NT5.ZNT5) \\
& = \left[ 3176,899 \times 72,2379 \right] + \left[ 1328,701 \times 57,631 \right] + \left[ 1930,97 \times 115,17 \right] \\
& + \left[ 643,657 \times 287,969 \right] + \left[ 643,657 \times 460,769 \right] + \left[ 643,657 \times 633,569 \right] \\
& + \left[ 643,657 \times 806,369 \right] 10^{-3} \\
& = 1937,211 \quad \text{kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi \text{ Mn} &= 0,65 \times 1937,211 \\
&= 1259,187 \quad \text{kNm}
\end{aligned}$$

Tabel 4.2 Diagram Interaksi kolom 20 D 32

Kondisi	<b>20 D 32</b>	
	$\phi \text{ Pn (kN)}$	$\phi \text{ Mn (kNm)}$
Sentris	18565,27	0
Patah Desak	11131,48	3588,255
Balance	9932,95	3834,493
Patah Tarik	6486,441	3552,852
Lentur	0	1259,187

#### 4.2.3 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 28 D 32

Diketahui :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}} - h_{\text{balok}}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$= 3000 - 700 = 2300 \text{ mm}$$

Tulangan sengkang Ø 12

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

Tulangan utama dipakai D 32

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Tebal selimut beton 40 mm

Dicoba tulangan D 32 mm

$$d = h - \text{selimut beton} - \text{Ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan pokok}$$

$$= 1000 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 32$$

$$= 932,0 \text{ mm}$$

$$d' = 1000 - 932,0 = 68,0 \text{ mm}$$

- Luas Penampang kolom ( $A_g$ )

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 1000 \times 1000$$

$$= 1000000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } 28 \text{ D } 32 \text{ } A_{s_t} = 22508 \text{ mm}^2$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 10.9.1, Luas tulangan Longitudinal,  $A_{s_t}$ , untuk

komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,08A_g$

Periksa Rasio Tulangan Memanjang :

$$\rho_g = \frac{A_{s_t}}{A_g} = \frac{22508}{1000000} = 0,023$$

$$0,01 A_g < \rho_g = 0,023 < 0,08 A_g$$

- Beban Sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f_c (A_g - A_{s_t}) + f_y \cdot A_{s_t}$$

$$= (0,85 \cdot 35 (1000000 - 22507,52) + 400 \cdot 22507,52) \cdot 10^{-3} = 38083,409 \text{ kN}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 30466,727$$

$$= 0,80 \cdot 38083,409 = 19803,373 \text{ kN}$$

$$= 30466,727 \text{ kN}$$

• **Kondisi Seimbang**

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 932,0}{600 + 400} = 559,2 \text{ mm}$$

$$a_b = c \cdot \beta$$

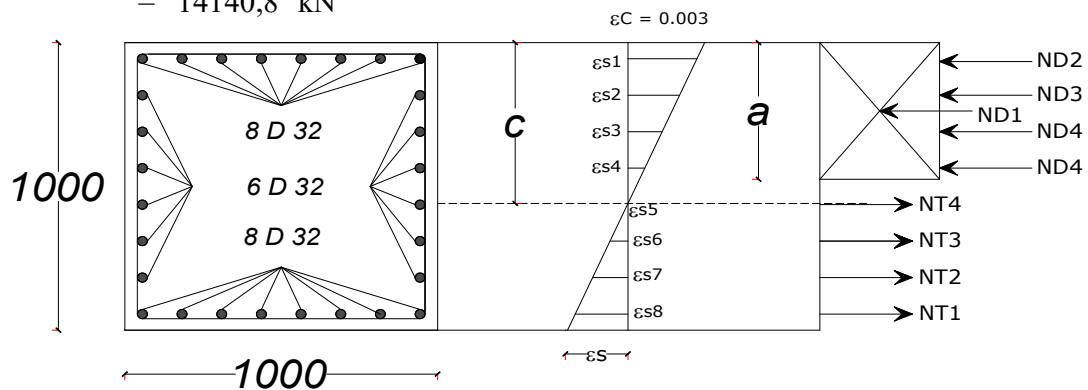
$$= 559,2 \times 0,85$$

$$= 475,32 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 475,320 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 14140,8 \text{ kN}$$



**Gambar 4.28 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang 28 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{559,2 - 68,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00264 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (8 \text{ D } 32)$$

$$= 6436,57 \times 400 \times 10^{-3} = 2574,63 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{559,2 - 191,43}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00197 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_3} = \frac{559,2 - 314,9}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00131 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00131 \times 200000 = 262,170 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND4} = A_{S3} \times f_s \text{ ( 2 D 32 )}$$

$$= 1609,14 \times 262,170 \times 10^{-3} = \mathbf{421,87 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_4} = \frac{559,20 - 438,3}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00065 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00065 \times 200000 = 129,74 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND5} = A_{S4} \times f_s \text{ ( 2 D 32 )}$$

$$= 1609,14 \times 129,736 \times 10^{-3} = \mathbf{208,76 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_5} = \frac{561,71 - 559,20}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00001 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00001 \times 200000 = 2,70 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT1} = A_{S8} \times f_s \text{ ( 8 D 32 )}$$

$$= 6436,57 \times 2,70 \times 10^{-3} = \mathbf{17,36 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_9} = \frac{685,14 - 559,2}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00068 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00068 \times 200000 = 135,132 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT2} = A_{S9} \times f_s \text{ ( 2 D 32 )}$$

$$= 1609,143 \times 135,132 \times 10^{-3} = \mathbf{217,446 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_{10}} = \frac{808,57 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00134 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00134 \times 200000 = 267,566 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT3} = A_{S10} \times f_s \text{ ( 2 D 32 )}$$

$$= 1609,143 \times 267,566 \times 10^{-3} = \mathbf{430,552 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_{11}} = \frac{932,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00200 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$NT4 = As11 \times f_s (2 D 32)$$

$$= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} = 643,657 \text{ kN}$$

$$Pnb = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4$$

$$= 14140,8 + 2574,63 + 643,657 + 421,870 + 208,76 - 17,36 - 217,446 - 430,552 - 643,657$$

$$= 16680,670 \text{ kN}$$

$$\phi Pnb = 0,65 \times 16680,670$$

$$= 10842,44 \text{ kN}$$

$$Mnb = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y3)\}$$

$$= 14140,8 \left[ 1000 / 2 - 475,3 / 2 \right] + 2574,63 + 17,364 \times \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 643,66 + 217,45 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 191,4 \right] + \left[ 421,87 + 430,6 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 314,9 \right] + \left[ 208,76 + 643,657 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 438,3 \right] \times 10^{-3}$$

$$= \left[ 3709689,602 + 1119741 + 265712,0 + 425895,9 + 52606,58256 \right] \times 10^{-3}$$

$$= 5573,645 \text{ kNm}$$

$$\phi Mnb = 0,65 \times 5573,6$$

$$= 3622,9 \text{ kNm}$$

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{5573,6449}{16680,670} = 0,3341 \text{ m} = 334,138 \text{ mm}$$

• **Kondisi Patah Desak** ( $c > cb$ )

$$\text{Dipakai nilai } c = 600 \text{ mm}$$

$$a = c \cdot \beta$$

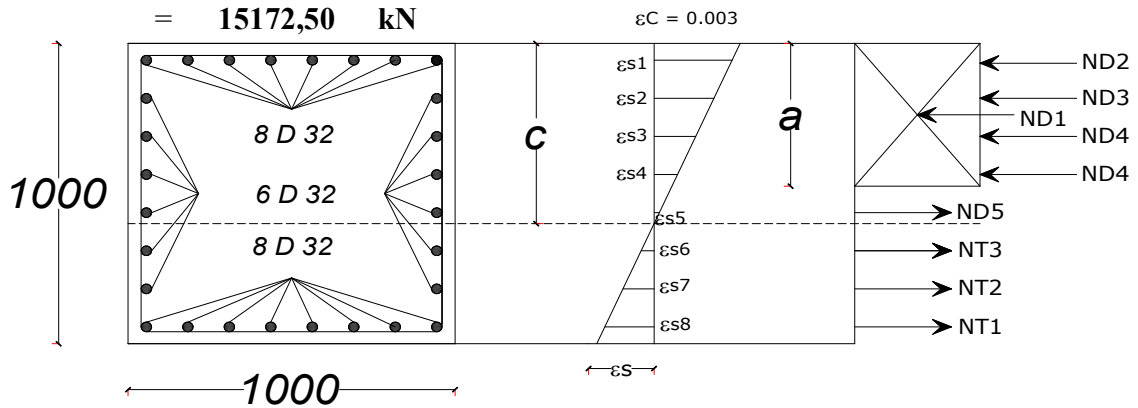
$$= 600,0 \times 0,85$$

$$= 510,0 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 510,0 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 15172,50 \text{ kN}$$



**Gambar 4.28 Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 28 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{600 - 68}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00266 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \text{ (8 D 32)}$$

$$= 6436,571 \times 400 \times 10^{-3} = 2574,63 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{600 - 191,43}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00204 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \text{ (2 D 32)}$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = 643,657 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{600 - 314,9}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00143 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00143 \times 200000 = 285,14 \text{ MPa}$$

$$ND4 = A_{s3} \times f_s \text{ (2 D 32)}$$

$$= 1609,14 \times 285,14 \times 10^{-3} = 458,836 \text{ kN}$$



$$\varepsilon_{s4} = \frac{600,0 - 438}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00081 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00081 \times 200000 = 161,71 \text{ MPa}$$

$$ND5 = A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 161,71 \times 10^{-3} = \mathbf{260,221 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{600,0 - 562}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00019 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00019 \times 200000 = 38,29 \text{ MPa}$$

$$ND6 = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 38,29 \times 10^{-3} = \mathbf{61,607 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{685,1 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00043 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00043 \times 200000 = 85 \text{ MPa}$$

$$NT1 = A_{s8} \times f_s \quad (8 \text{ D } 32)$$

$$= 6436,57 \times 85,14 \times 10^{-3} = \mathbf{548,028 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{809 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00104 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00104 \times 200000 = 208,57 \text{ MPa}$$

$$NT2 = A_{s9} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 208,57 \times 10^{-3} = \mathbf{335,621 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s10} = \frac{932 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00166 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00166 \times 200000 = 332,00 \text{ MPa}$$

$$NT3 = A_{s10} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 332,00 \times 10^{-3} = \mathbf{534,235 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 + ND6 - NT1 - NT2 - NT3$$

$$= 15172,500 + 2574,63 + 643,657 + 458,836 + 260,221 + 61,607 -$$

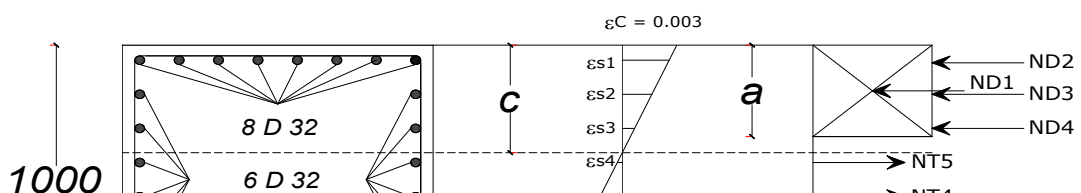
$$\begin{aligned}
& 548,028 - 335,621 - 534,235 \\
& = 17753,565 \text{ kN} \\
\phi P_n & = 0,65 \times 17753,565 \\
& = 11539,8 \text{ kN} \\
M_{nb} & = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} + \\
& \quad \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5).(h/2 - y3)\} + \{(ND6).(h/2 - y4)\} \\
& = 15172,5 \left[ 1000 / 2 - 510 / 2 \right] \left[ 2574,63 + 548,028 \right] \times \\
& \quad \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 643,66 + 335,62 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 191,4 \right] + \\
& \quad \left[ 458,84 + 534,2 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 314,9 \right] + \left[ 260,22 \right] \times \\
& \quad \left[ 1000 / 2 - 438,3 \right] + \left[ 61,61 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 561,7 \right] 10^{-3} \\
& = \left[ 3717262,5 + 1348988 + 302177,3 + 496220,7 + \right. \\
& \quad \left. 16059,377 + -3802 \right] 10^{-3} \\
& = 5876,905 \text{ kNm} \\
\phi M_n & = 0,65 \times 5876,905 \\
& = 3719,99 \text{ kNm} \\
e_b & = \frac{M_n}{P_n} = \frac{5876,91}{17753,565} = 0,3310 \text{ m} = 331,03 \text{ mm}
\end{aligned}$$

• **Kondisi Patah Tarik ( $c < c_b$ )**

Dipakai nilai  $c = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
ab & = c \cdot \beta \\
& = 400 \times 0,85 \\
& = 340,0 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND1 & = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
& = 0,85 \times 35 \times 340,0 \times 1000 \times 10^{-3} \\
& = \mathbf{10115 \text{ kN}}
\end{aligned}$$





$$\begin{aligned} \text{NT2} &= A_s6 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 242,571 \times 10^{-3} = \mathbf{390,332 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{s7} &= \frac{685 - 400}{400} \times 0,003 \\ &= 0,00214 > \varepsilon_y; \text{ maka } f_s = 0,00214 \times 200000 = 428 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT3} &= A_s6 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 427,714 \times 10^{-3} = \mathbf{688,253 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{s8} &= \frac{809 - 400}{400} \times 0,003 \\ &= 0,00306 > \varepsilon_y; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT4} &= A_s6 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{s9} &= \frac{932 - 400}{400} \times 0,003 \\ &= 0,00399 > \varepsilon_y; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT5} &= A_s6 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= ND1 + ND2 + ND3 + ND4 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4 - NT5 \\ &= 10115 + 2574,63 + 503,432 + 205,511 - 369,643 - 390,33 - \\ &\quad 688,253 - 643,657 - 643,657 \\ &= 10663,028 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,65 \times 10663,028 \\ &= 6930,97 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} + \\ &\quad \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(NT4).(h/2 - y3)\} + \{(NT5).(h/2 - y4)\} \\ &= 10115,0 \left[ 1000 / 2 - 340 / 2 \right] + \left[ 2574,63 + 369,643 \right] \times \\ &\quad \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 503,43 + 390,33 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 191,4 \right] + \\ &\quad \left[ 205,511 + 688,253 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 314,9 \right] + \left[ 643,657 \right] \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left[ \left( 1000 / 2 - 438,3 \right) \right] + \left[ \left( 644 \right) \times \left( 1000 / 2 - 561,7 \right) \right] 10^{-3} \\
 & = \left[ 3337950 + 1271925,363 + 275790,009 + 446567,102 + \right. \\
 & \quad \left. 39722,841 + \left( -39722,841 \right) \right] 10^{-3} \\
 & = 5332,232 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,65 \times 5332,232 \\
 &= 3465,951 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{5332,232}{10663,028} = 0,500 \text{ m} = 500 \text{ mm}$$

#### • Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 14 \text{ D } 32 = 11253,760 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 14 \text{ D } 32 = 11253,760 \text{ mm}^2$$

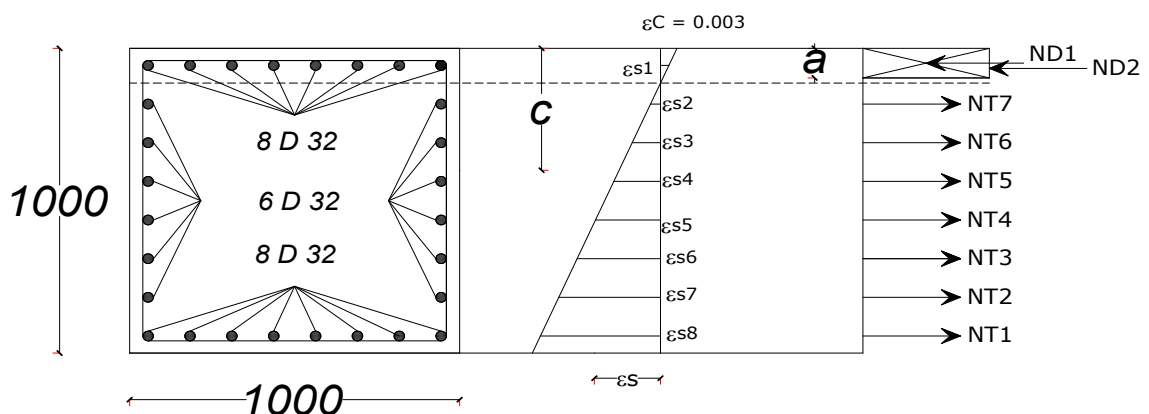
$$A_{s1} = 8 \text{ D } 32 = 6430,720 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 6 \text{ D } 32 = 4823,040 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$y_2 = 68 + 123,4 = 191 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{6430,72 \times 68 + 4823,0 \times 191}{11253,760} = 120,90 \text{ mm}$$



**Gambar 4.30 Diagram tegangan tegangan kolom kondisi 1 lentur murni 28 D 32**

Dimisalkan garis netral ( $c$ ) >  $y_1$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 11253,760 - 11253,760 \times 400 \right] c - 600 \times 11253,760 \times 120,9 = 0$$

$$25288 c^2 + 2250752,00 c - 816347750,4 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-2250752 \pm \sqrt{2250752^2 - 4 \times 25288 \times 816347750,4}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{-2250752 + 9361594,9}{50575} = 90,6 \text{ mm}$$

$$c = 90,6 \text{ mm}$$

Karena nilai  $c < y_2$  maka dihitung nilai c sebenarnya berdasarkan persamaan yang kedua.

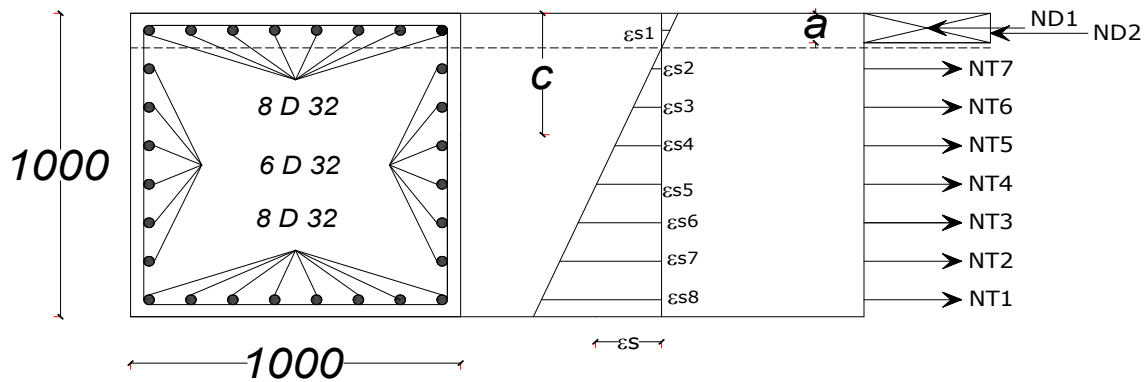
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 20 \text{ D } 32 = 16091,429 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 8 \text{ D } 32 = 6436,571 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 12 + 1/2 \text{ D } 32 = 68 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 68 = 932,0 \text{ mm} \quad \epsilon_C = 0.003$$



**Gambar 4.31 Diagram tegangan tegangan kolom kondisi 2 lentur murni 28 D 32**

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 6436,571 - 16091,429 \times 400 \right] c - 600 \times 6436,571 \times 68,0 = 0$$

$$25288 \cdot c^2 + -2574628,57 \cdot c - 262612114,3 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 a}$$

$$c = \frac{-2574629 \pm \sqrt{2574629^2 - 4 \times 25288 \times 262612114,3}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{2574628,6 + 5761243,6}{50575} = 114,822 \text{ mm}$$

$$c = 114,822 \text{ mm}$$

Dihitung nilai a :

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 114,822 = 97,599 \text{ mm}$$

$$\text{ND1} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 97,599 \times 1000$$

$$= 2903,561 \text{ kN}$$

$$\text{ND2} = f_s' \cdot A_s'$$

$$= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s'$$

$$= \frac{114,822 - 68,0}{114,822} \times 600 \times 6436,571 \times 10^{-3}$$

$$= 1574,819 \text{ kN}$$

$$\text{NT1} = A_s \times f_y$$

$$= 6436,571 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 2574,63 \text{ kN}$$

$$\text{NT6} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT2} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT7} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT3} = A_s \times f_y$$



$$= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,66 \text{ kN}$$

$$NT4 = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$NT5 = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$ND1+ND2 = NT1+NT2+NT3+NT4+NT5+NT6+NT7$$

$$2903,561 + 1574,82 = 2574,63 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657$$

$$6436,571 = 6436,571$$

$$ZND1 = c - a/2$$

$$= 114,822 - 97,599 / 2$$

$$= 66,02 \text{ mm}$$

$$ZNT4 = y6 - c$$

$$= 561,71 - 114,822$$

$$= 446,892 \text{ mm}$$

$$ZND2 = c - y1$$

$$= 114,822 - 68$$

$$= 46,822 \text{ mm}$$

$$ZNT5 = y7 - c$$

$$= 685,14 - 114,822$$

$$= 570,321 \text{ mm}$$

$$ZNT1 = y3 - c$$

$$= 191,429 - 114,822$$

$$= 76,607 \text{ mm}$$

$$ZNT6 = y8 - c$$

$$= 808,57 - 114,822$$

$$= 693,749 \text{ mm}$$

$$ZNT2 = y4 - c$$

$$= 314,9 - 114,822$$

$$= 200,035 \text{ mm}$$

$$ZNT7 = y9 - c$$

$$= 932,00 - 114,822$$

$$= 817,178 \text{ mm}$$

$$ZNT3 = y5 - c$$

$$= 438,3 - 114,822$$

$$= 323,464 \text{ mm}$$

$$M_n = ((ND1.ZND1)+(ND2.ZND2)+(NT1.ZNT2)+(NT2.ZNT2)+(NT3.ZNT3) + (NT4.ZNT4) + (NT5.ZNT5) + (NT6.ZNT6) + (NT7.ZNT7))$$

$$\begin{aligned}
&= \left[ 2903,561 \times 66,0226 \right] + \left[ 1574,82 \times 46,822 \right] + \left[ 2574,63 \times 76,61 \right] + \\
&\quad \left[ 643,657 \times 200,035 \right] + \left[ 643,657 \times 323,464 \right] + \left[ 643,657 \times 446,892 \right] + \\
&\quad \left[ 643,657 \times 570,321 \right] + \left[ 643,657 \times 693,749 \right] + \left[ 643,657 \times 817,178 \right] 10^{-3} \\
&= 2426,880 \quad \text{kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi \text{ Mn} &= 0,65 \times 2426,880 \\
&= 1577,472 \quad \text{kNm}
\end{aligned}$$

Tabel 4.3 Diagram Interaksi kolom 28 D 32

Kondisi	28 D 32	
	$\phi \text{ Pn (kN)}$	$\phi \text{ Mn (kNm)}$
Sentris	19803,37	0
Patah Desak	11539,82	3719,989
Balance	10342,44	3972,869
Patah Tarik	6730,968	3715,951
Lentur	0	1577,472

#### 4.2.4 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 32 D 32

Diketahui :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}} - h_{\text{balok}}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$= 3000 - 700 = 2300 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang } \emptyset 12$$

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama dipakai } D 32$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal selimut beton } 40 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } D 32 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

$$= 1000 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 32$$

$$= 932,0 \text{ mm}$$

$$d' = 1000 - 932,0 = 68,0 \text{ mm}$$

- Luas Penampang kolom ( $A_g$ )

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 1000 \times 1000$$

$$= 1000000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } 32 \text{ D } 32 \text{ } A_{s_t} = 25722,9 \text{ mm}^2$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 10.9.1, Luas tulangan Longitudinal,  $A_{s_t}$ , untuk

komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,08A_g$

Periksa Rasio Tulangan Memanjang :

$$\rho_g = \frac{A_{s_t}}{A_g} = \frac{25723}{1000000} = 0,026$$

$$0,01 A_g < \rho_g = 0,026 < 0,08 A_g$$

- Beban Sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f_c (A_g - A_{s_t}) + f_y \cdot A_{s_t}$$

$$= (0,85 \cdot 35 (1000000 - 25722,88) + 400 \cdot 25722,88) \cdot 10^{-3} = 39273,896 \text{ kN}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 31419,117$$

$$= 0,80 \cdot 39273,896 = 20422,426 \text{ kN}$$

$$= 31419,117 \text{ kN}$$

• **Kondisi Seimbang**

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 932,0}{600 + 400} = 559,2 \text{ mm}$$

$$a_b = c \cdot \beta$$

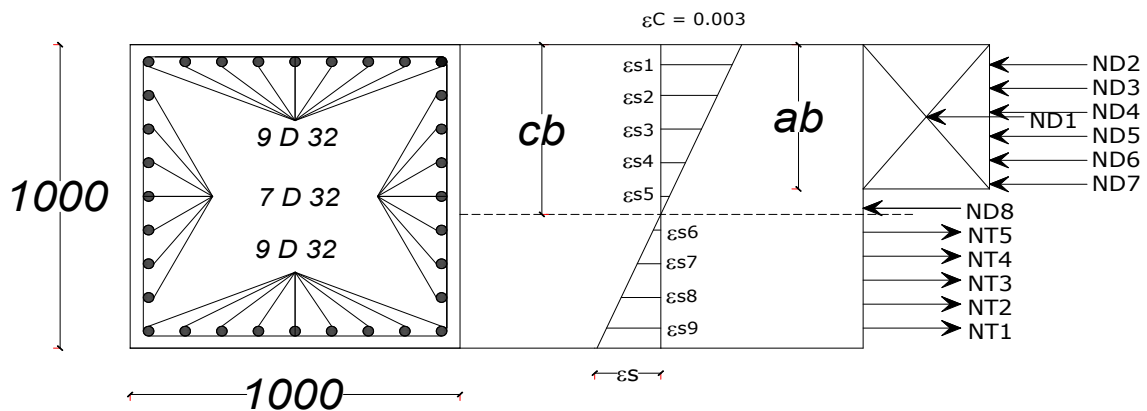
$$= 559,2 \times 0,85$$

$$= 475,32 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 475,320 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 14140,8 \text{ kN}$$



**Gambar 4.32 Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 32 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{559,2 - 68,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00264 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (9 \text{ D } 32)$$

$$= 7241,14 \times 400 \times 10^{-3} = 2896,46 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{559,2 - 176,00}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00206 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{559,2 - 284,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00148 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00148 \times 200000 = 295,279 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND4} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 295,279 \times 10^{-3} = \mathbf{475,15 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{559,20 - 392,0}{392,000} \times 0,003$$

$$= 0,00128 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND5} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{559,20 - 500,0}{500,000} \times 0,003$$

$$= 0,0004 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0004 \times 200000 = 71,04 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND6} = A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 71,040 \times 10^{-3} = \mathbf{114,31 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{608,0 - 559,20}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,0003 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0003 \times 200000 = 52,36 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT1} = A_{s5} \times f_s \quad (9 \text{ D } 32)$$

$$= 7241,14 \times 52,36 \times 10^{-3} = \mathbf{379,15 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s6} = \frac{716,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00084 = \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00084 \times 200000 = 168,240 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT2} = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 7241,143 \times 168,240 \times 10^{-3} = \mathbf{1218,252 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s7} = \frac{824,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$\varepsilon_7 = \frac{559,200}{200000} = 0,00279$$

$$= 0,00142 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00142 \times 200000 = 284,120 \text{ MPa}$$

$$\text{NT3} = A_{s6} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 284,120 \times 10^{-3} = \mathbf{457,190 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{932,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00200 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT4} = A_{s7} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$P_{nb} = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 + ND6 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4$$

$$= 14140,8 + 2896,46 + 643,657 + 475,146 + 643,657 + 114,314 - 379,150 - 1218,252 - 457,190 - 643,657$$

$$= 16215,752 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \times 16215,752$$

$$= 10540,24 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y3)\} + \{(ND6).(h/2 - y4)\}$$

$$= 14140,8 \left[ 1000 / 2 - 475,3 / 2 \right] + \left[ 2896,46 + 379,150 \times \left[ 1000 / 2 - 68,0 \right] \right] + \left[ 643,66 + 1218,25 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 176 \right] + \left[ 475,15 + 457,2 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 284 \right] + \left[ 643,66 + 643,657 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 392,0 \right] + \left[ 114,31 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 500,0 \right] \times 10^{-3}$$

$$= \left[ 3709689,602 + 1415062,272 + 603258,7 + 465884,0 + 139029,943 + 0 \right] \times 10^{-3}$$

$$= 6332,924 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{nb} = 0,65 \times 6332,9$$

$$= 4116,4 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{6332,9245}{16215,752} = 0,3905 \text{ m} = 390,542 \text{ mm}$$

• **Kondisi Patah Desak** ( $c > c_b$ )

Dipakai nilai  $c = 600 \text{ mm}$

$$a_b = c \cdot \beta$$

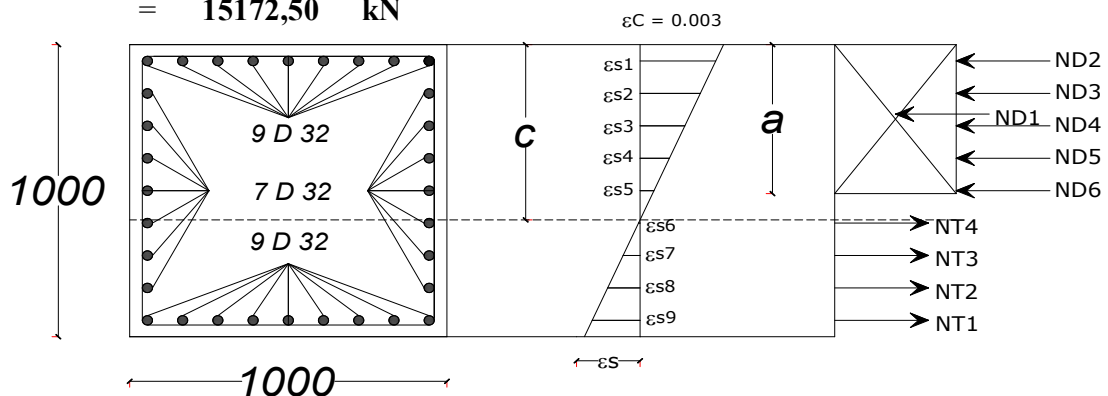
$$= 600,0 \times 0,85$$

$$= 510,0 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 510,0 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 15172,50 \text{ kN}$$



**Gambar 4.33 Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 28 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{600 - 68}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00266 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \text{ (9 D 32)}$$

$$= 7241,143 \times 400 \times 10^{-3} = 2896,46 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{600 - 176,00}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00212 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{600 - 284,0}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00158 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00158 \times 200000 = 316,00 \text{ MPa}$$

$$ND4 = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 316,00 \times 10^{-3} = \mathbf{508,489 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{600,0 - 392}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00104 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00104 \times 200000 = 208 \text{ MPa}$$

$$ND5 = A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 208,00 \times 10^{-3} = \mathbf{334,702 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{600,0 - 500}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00050 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00050 \times 200000 = 100 \text{ MPa}$$

$$ND6 = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 100 \times 10^{-3} = \mathbf{160,914 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{608,0 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00004 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00004 \times 200000 = 8,00 \text{ MPa}$$

$$NT1 = A_{s6} \times f_s \quad (9 \text{ D } 32)$$

$$= 7241,14 \times 8,00 \times 10^{-3} = \mathbf{57,929 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{716 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00058 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00058 \times 200000 = 116,00 \text{ MPa}$$

$$NT2 = A_{s7} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$



$$= 1609,14 \times 116,00 \times 10^{-3} = \mathbf{186,661 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S7} = \frac{824 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00112 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00112 \times 200000 = 224,00 \text{ MPa}$$

$$NT3 = A_{S7} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 224,00 \times 10^{-3} = \mathbf{360,448 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S8} = \frac{932 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00166 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00166 \times 200000 = 332,00 \text{ MPa}$$

$$NT4 = A_{S8} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 332,00 \times 10^{-3} = \mathbf{534,235 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 + ND6 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4$$

$$= 15172,500 + 2896,46 + 643,657 + 508,489 + 334,702 + 160,914 \\ 57,929 - 186,661 - 360,448 - 534,235$$

$$= 18577,446 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 18577,446$$

$$= 12075,3 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\ + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y3)\}$$

$$= 15172,5 \left[ 1000 / 2 - 510 / 2 \right] + \left[ 2896,46 + 57,929 \right] \times \\ \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 643,66 + 186,66 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 176 \right] + \\ \left[ 508,49 + 360,45 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 284 \right] + \left[ 334,70 + 534,2 \right] \times \\ \left[ 1000 / 2 - 392,0 \right] + \left[ 160,914 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 500 \right] \times 10^{-3}$$

$$= \left[ 3717262,500 + 1276294,875 + 269022,939 + 434184,571 + \right. \\ \left. 93845,211 + 0 \right] \times 10^{-3}$$

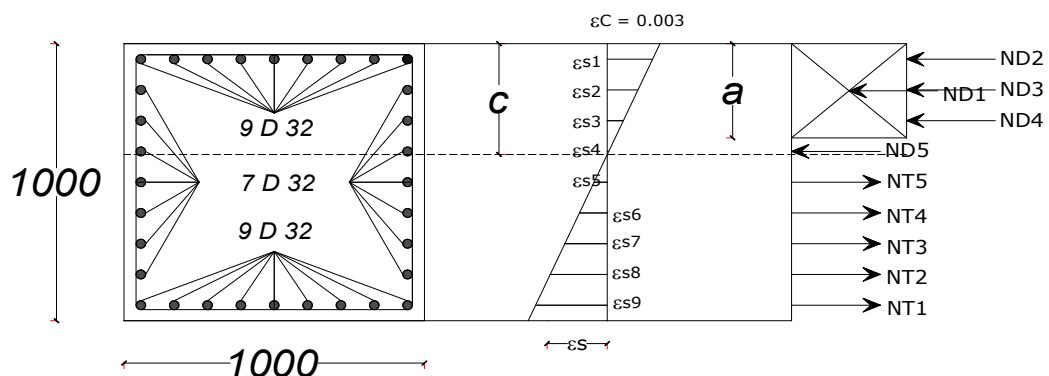
$$\begin{aligned}
 &= 5790,610 \quad \text{kNm} \\
 \phi M_n &= 0,65 \times 5790,610 \\
 &= 3763,90 \quad \text{kNm} \\
 e_b &= \frac{M_n}{P_n} = \frac{5790,61}{18577,446} = 0,3117 \quad \text{m} = 311,70 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

• **Kondisi Patah Tarik ( $c < c_b$ )**

Dipakai nilai  $c = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 a_b &= c \cdot \beta \\
 &= 400 \times 0,85 \\
 &= 340,0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \times 35 \times 340,0 \times 1000 \times 10^{-3} \\
 &= \mathbf{10115 \quad \text{kN}}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.34 Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah tarik 32 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{400 - 68}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00249 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400,00 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 ND2 &= A_{s1} \times f_s \times (9 \text{ D } 32) \\
 &= 7241,143 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{2896,46 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{400 - 176,00}{400} \times 0,003$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{400}{200000}$$

$$= 0,00168 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00168 \times 200000 = 336 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_s2 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 336,00 \times 10^{-3} = \mathbf{540,672 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{400 - 284,00}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00087 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00087 \times 200000 = 174 \text{ MPa}$$

$$ND4 = A_s2 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 174,00 \times 10^{-3} = \mathbf{279,991 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{400 - 392,00}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00006 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00006 \times 200000 = 12 \text{ MPa}$$

$$ND5 = A_s2 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 12,00 \times 10^{-3} = \mathbf{19,310 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{500 - 400,00}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00075 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00075 \times 200000 = 150 \text{ MPa}$$

$$NT1 = A_s2 \times f_s \quad (9 \text{ D } 32)$$

$$= 7241,14 \times 150 \times 10^{-3} = \mathbf{1086,17 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s6} = \frac{608 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00156 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00156 \times 200000 = 312 \text{ MPa}$$

$$NT2 = A_s2 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 312 \times 10^{-3} = \mathbf{502,053 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s7} = \frac{716 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00237 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$NT3 = A_s2 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{824 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00318 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT4} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{932 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00399 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT5} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4 - NT5$$

$$= 10115 + 2896,46 + 540,672 + 279,991 + 19,310 - 1086,17 - 502,053 - 643,657 - 643,657 - 643,66$$

$$= 10332,234 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 10332,234$$

$$= 6715,95 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\}$$

$$\{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(DN5 + NT4).(h/2 - y3)\} +$$

$$\{(NT5).(h/2 - y4)\}$$

$$= 10115,0 \left[ 1000 / 2 - 340 / 2 \right] + \left[ 2896,46 + 1086,17 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 540,67 + 502,05 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 176 \right] + \left[ 279,99 + 643,66 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 284 \right] + \left[ 19,310 + 643,657 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 392 \right] + \left[ 643,66 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 500 \right] \times 10^{-3}$$

$$= \left[ 3337950 + 1720496 + 337842,8 + 461540,0 + 71600,42057 + 0 \right] 10^{-3}$$

$$= 5929,429 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,65 \times 5929,429 \\ &= 3854,129 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{5929,429}{10332,234} = 0,574 \text{ m} = 574 \text{ mm}$$

#### • Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 17 \text{ D } 32 = 13665,280 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 15 \text{ D } 32 = 12057,600 \text{ mm}^2$$

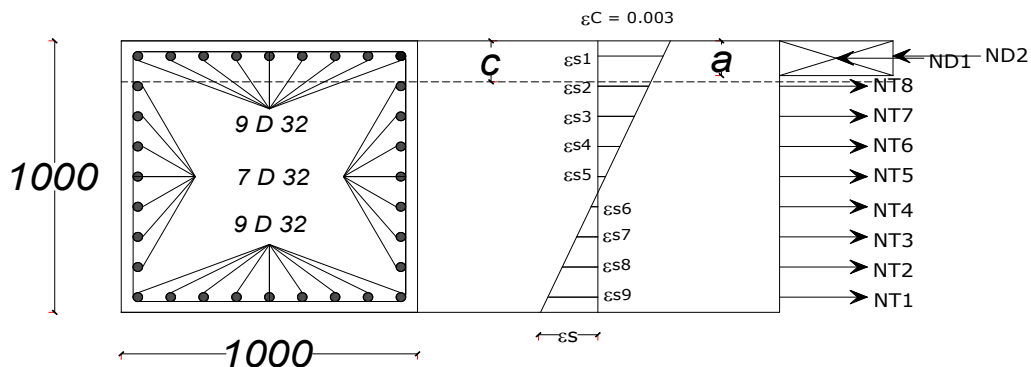
$$A_{s1} = 9 \text{ D } 32 = 7234,560 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 6 \text{ D } 32 = 4823,040 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 32 = 66 \text{ mm}$$

$$y_2 = 66 + 108 = 174 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{7234,56 \times 66 + 4823,0 \times 174}{12057,600} = 109,20 \text{ mm}$$



**Gambar 4.35 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 32 D 32**

Dimisalkan garis netral ( $c$ )  $> y_1$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \cdot f_y$$

Substitusi nilai :  $a = \beta 1.c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta 1.c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1.c \cdot b) \cdot c + (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1.b) c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1.b) c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1.b) c^2 + (600A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 12057,600 - 13665,280 \times 400 \right] c - 600 \times 12057,600 \times 109,2 = 0$$

$$25288 c^2 + 1768448,00 c - 790013952,0 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-1768448 \pm \sqrt{1768448^2 - 4 \times 25288 \times 790013952,0}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{-1768448 + 9112481,5}{50575} = 145,2 \text{ mm}$$

$$c = 145,2 \text{ mm}$$

Karena nilai  $c < y_2$  maka dihitung nilai c sebenarnya berdasarkan persamaan yang kedua.

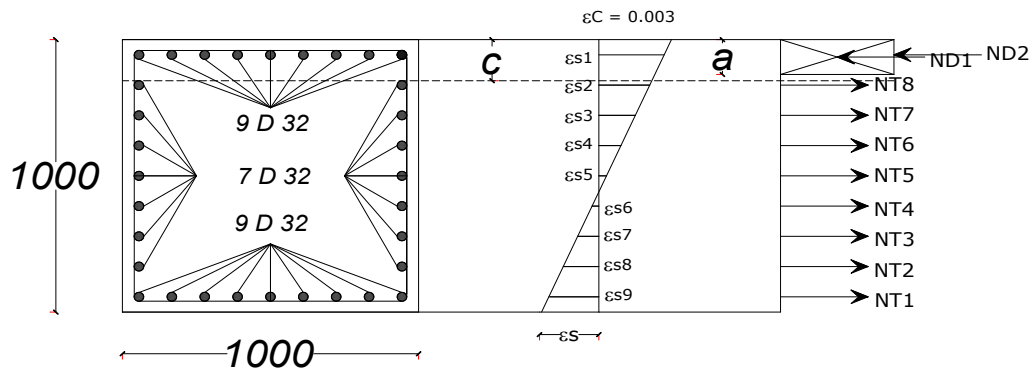
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 21 \text{ D } 32 = 16896,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 11 \text{ D } 32 = 8850,286 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 68 = 932,0 \text{ mm}$$



**Gambar 4.36 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 32 D 32**

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 8850,286 - 16896,000 \right. \\ \left. \times 400 \right] c - 600 \times 8850,286 \times 68,0 = 0$$

$$25288 \cdot c^2 + -1448228,57 \cdot c - 361091657,1 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{1448229 + \sqrt{-1448229^2 - 4 \times 25288 \times 361091657,1}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{1448228,6 + 6214643}{50575} = 151,515 \text{ mm}$$

$$c = 151,515 \text{ mm}$$

Dihitung nilai a :

$$\begin{aligned} a &= \beta \cdot c \\ &= 0,85 \times 151,515 = 128,788 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \times 35 \times 128,788 \times 1000 \\ &= 3831,436 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ND2} &= f_s' \cdot A_s' \\ &= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s' \\ &= \frac{151,515 - 68,0}{151,515} \times 600 \times 8850,286 \times 10^{-3} \\ &= 2926,964 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT1} &= A_s \times f_y \\ &= 7241,143 \times 400 \times 10^{-3} \\ &= 2896,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT6} &= A_s \times f_y \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\ &= 643,657 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT2} &= A_s \times f_y \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\ &= 643,657 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT7} &= A_s \times f_y \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\ &= 643,657 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT3} &= A_s \times f_y \\ &= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} \\ &= 643,66 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT8} &= A_s \times f_y \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\ &= 643,657 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT4} &= A_s \times f_y \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \end{aligned}$$



$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$NT5 = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$ND1+ND2 = NT1+NT2+NT3+NT4+NT5+NT6+NT7+ NT8$$

$$3831,436 + 2926,96 = 2896,46 + 643,657 + 643,657 + 643,657 +$$

$$643,657 + 643,657 + 643,657$$

$$6758,40 = 6758,40$$

$$ZND1 = c - a/2$$

$$= 151,515 - 128,788 / 2$$

$$= 87,12 \text{ mm}$$

$$ZNT4 = y5 - c$$

$$= 498,00 - 151,515$$

$$= 346,485 \text{ mm}$$

$$ZND2 = c - y1$$

$$= 151,515 - 66$$

$$= 85,515 \text{ mm}$$

$$ZNT5 = y6 - c$$

$$= 606,00 - 151,515$$

$$= 454,485 \text{ mm}$$

$$ZNT1 = y2 - c$$

$$= 174,000 - 151,515$$

$$= 22,485 \text{ mm}$$

$$ZNT6 = y7 - c$$

$$= 714,00 - 151,515$$

$$= 562,485 \text{ mm}$$

$$ZNT2 = y3 - c$$

$$= 282,0 - 151,515$$

$$= 130,485 \text{ mm}$$

$$ZNT7 = y8 - c$$

$$= 822,00 - 151,515$$

$$= 670,485 \text{ mm}$$

$$ZNT3 = y4 - c$$

$$= 390,0 - 151,515$$

$$= 238,485 \text{ mm}$$

$$ZNT8 = y8 - c$$

$$= 930,00 - 151,515$$

$$= 778,485 \text{ mm}$$

$$M_n = ((ND1.ZND1)+(ND2.ZND2)+(NT1.ZNT2)+(NT2.ZNT2)+(NT3.ZNT3)$$

$$+ (NT4.ZNT4) + (NT5.ZNT5) + (NT6.ZNT6) + (NT7.ZNT7)$$

$$= [3831,436 \times 87,1211] + [2926,96 \times 85,515] + [2896,46 \times 22,485]$$

$$+ [643,657 \times 130,485] + [643,657 \times 238,485] + [643,657 \times 346,485]$$

$$+ [643,657 \times 454,485] + [643,657 \times 562,485] + [643,657 \times 670,485]$$

$$= 2195,875 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \times 2195,875$$

$$= 1427,319 \text{ kNm}$$

Tabel 4.4 Diagram Interaksi kolom 32 D 32

Kondisi	<b>32 D 32</b>	
	$\phi P_n$ (kN)	$\phi M_n$ (kNm)
Sentris	20422,43	0
Patah Desak	12075,34	3863,897
Balance	10540,24	4116,401
Patah Tarik	6815,952	3854,129
Lentur	0	1427,319

#### 4.2.5 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 36 D 32

Diketahui :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}} - h_{\text{balok}}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$= 3000 - 700 = 2300 \text{ mm}$$

Tulangan sengkang Ø 12

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

Tulangan utama dipakai D 32

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Tebal selimut beton 40 mm

Dicoba tulangan D 32 mm

$$d = h - \text{selimut beton} - \text{Ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan pokok}$$

$$= 1000 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 32$$

$$= 932,0 \text{ mm}$$

$$d' = 1000 - 932,0 = 68,0 \text{ mm}$$

- Luas Penampang kolom ( $A_g$ )

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 1000 \times 1000$$

$$= 1000000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } 36 \text{ D } 32 \text{ } A_{s_t} = 28938 \text{ mm}^2$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 10.9.1, Luas tulangan Longitudinal,  $A_{s_t}$ , untuk

komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,08A_g$

Periksa Rasio Tulangan Memanjang :

$$\rho_g = \frac{A_{s_t}}{A_g} = \frac{28938}{1000000} = 0,029$$

$$0,01 A_g < \rho_g = 0,029 < 0,08 A_g$$

- Beban Sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f_c (A_g - A_{s_t}) + f_y \cdot A_{s_t}$$

$$= (0,85 \cdot 35 (1000000 - 28938,24) + 400 \cdot 28938,24) \cdot 10^{-3} = 40464,383 \text{ kN}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 32371,507$$

$$= 0,80 \cdot 40464,383 = 21041,479 \text{ kN}$$

$$= 32371,507 \text{ kN}$$

• **Kondisi Seimbang**

$$c = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 932,0}{600 + 400} = 559,2 \text{ mm}$$

$$a = c \cdot \beta$$

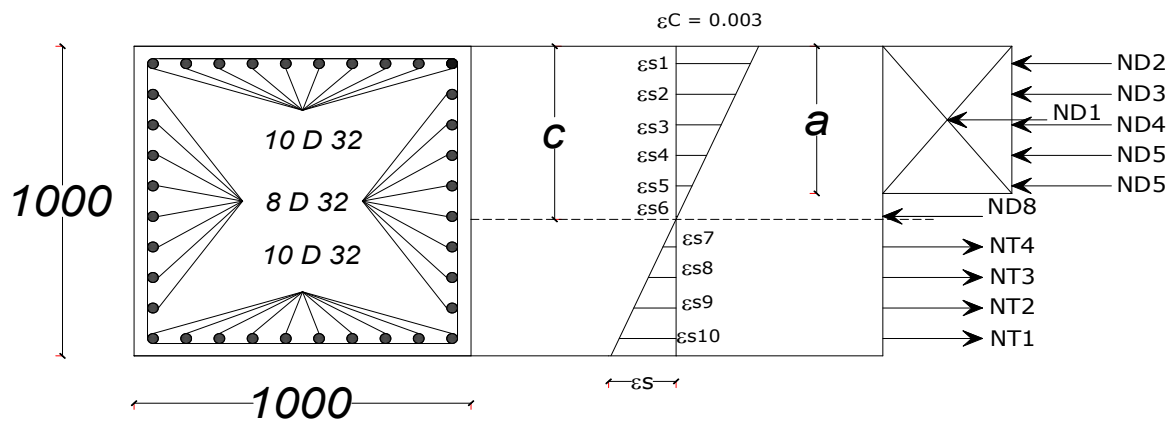
$$= 559,2 \times 0,85$$

$$= 475,32 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 475,320 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 14140,8 \text{ kN}$$



**Gambar 4.37 Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 36 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{559,2 - 68,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00264 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (10 \text{ D } 32)$$

$$= 8045,71 \times 400 \times 10^{-3} = 3218,29 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{559,2 - 164,00}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00212 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{559,2 - 260,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00161 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00161 \times 200000 = 321,030 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND4} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 321,030 \times 10^{-3} = \mathbf{516,58 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{559,20 - 356,0}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00109 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00109 \times 200000 = 218,03 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND5} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 218,026 \times 10^{-3} = \mathbf{350,83 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{559,20 - 452,0}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,0006 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0006 \times 200000 = 115,02 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND6} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 115,021 \times 10^{-3} = \mathbf{185,09 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{559,20 - 548,0}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,0001 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0001 \times 200000 = 12,02 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{ND7} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 12,017 \times 10^{-3} = \mathbf{19,34 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{644,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,0005 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0005 \times 200000 = 90,99 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT1} = A_{s4} \times f_s \quad (10 \text{ D } 32)$$

$$= 8045,71 \times 90,99 \times 10^{-3} = \mathbf{732,06 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{740,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$\epsilon_y = \frac{0,00097}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00097 = \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00097 \times 200000 = 193,991 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT2} = A_s5 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 559,200 \times 10^{-3} = \mathbf{899,833 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s10} = \frac{836,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00148 = \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00148 \times 200000 = 296,996 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT3} = A_s5 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 296,996 \times 10^{-3} = \mathbf{477,909 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s11} = \frac{932,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00200 = \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00200 \times 200000 = 400 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT4} = A_s5 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{Pnb} = \mathbf{ND1} + \mathbf{ND2} + \mathbf{ND3} + \mathbf{ND4} + \mathbf{ND5} + \mathbf{ND6} - \mathbf{NT1} - \mathbf{NT2} - \mathbf{NT3} - \mathbf{NT4}$$

$$= 14140,8 + 3218,29 + 643,657 + 516,583 + 350,83 + 185,09 + 19,34 - 732,06 - 899,833 - 477,909 - 643,657$$

$$= 16321,099 \text{ kN}$$

$$\phi \mathbf{Pnb} = 0,65 \times 16321,099$$

$$= 10858,71 \text{ kN}$$

$$\mathbf{Mnb} = \mathbf{ND1}(h/2 - ab/2) + \{(\mathbf{ND2} + \mathbf{NT1}).(h/2 - d')\} + \{(\mathbf{ND3} + \mathbf{NT2}).(h/2 - y1)\} + \{(\mathbf{ND4} + \mathbf{NT3}).(h/2 - y2)\} + \{(\mathbf{ND5} + \mathbf{NT4}).(h/2 - y3)\}$$

$$+ \{(\mathbf{ND6}).(h/2 - y4)\} + \{(\mathbf{ND7}).(h/2 - y5)\}$$

$$= 14140,8 \left[ 1000 / 2 - 475,3 / 2 \right] + \left[ 3218,29 + 732,056 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 643,66 + 899,83 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 164,0 \right] + \left[ 516,58 + 477,91 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 260 \right] + \left[ 350,83 + 643,657 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 356 \right] + \left[ 1609,14 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 452,0 \right] + \left[ 19,34 \right] \times$$

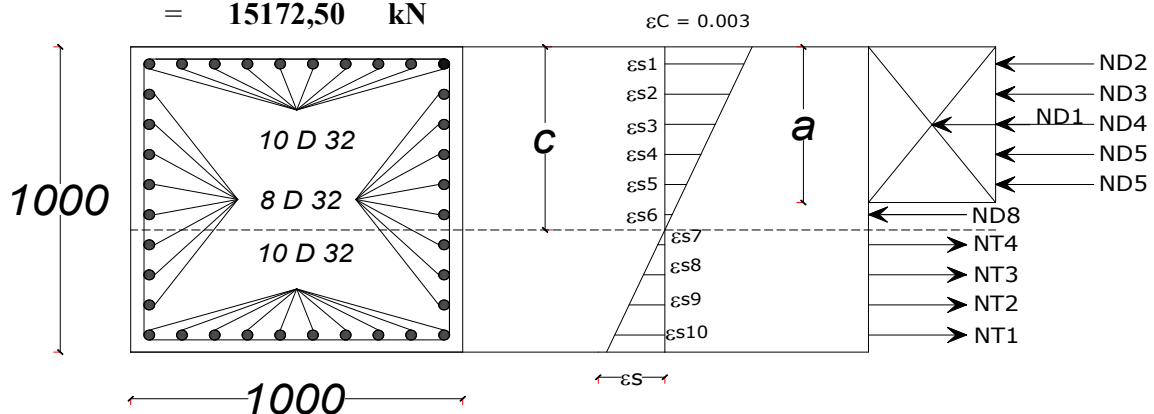
$$\begin{aligned}
& \left[ 1000 / 2 - 548,0 \right] 10^{-3} \\
& = \left[ 3709689,602 + 1706548 + 518612,6 + 496985,9 + \right. \\
& \quad \left. 143206,8081 + 77239 + -928,2 \right] 10^{-3} \\
& = 6651,353 \text{ kNm} \\
\phi M_{nb} &= 0,65 \times 6651,4 \\
&= 4323,4 \text{ kNm} \\
e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{6651,353}{16321,099} = 0,4075 \text{ m} = 407,531 \text{ mm}
\end{aligned}$$

• **Kondisi Patah Desak** ( $c > c_b$ )

Dipakai nilai  $c = 600 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
a &= c \cdot \beta \\
&= 600,0 \times 0,85 \\
&= 510,0 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
&= 0,85 \times 35 \times 510,0 \times 1000 \times 10^{-3} \\
&= 15172,50 \text{ kN}
\end{aligned}$$



**Gambar 4.38 Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 36 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{600 - 68}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00266 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\text{ND2} &= A_{s1} \times f_s \quad (10 \text{ D } 32) \\ &= 8045,714 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{3218,29 \text{ kN}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{s2} &= \frac{600 - 164,00}{600} \times 0,003 \\ &= 0,00218 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ND3} &= A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{s3} &= \frac{600 - 260,0}{600} \times 0,003 \\ &= 0,00170 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00170 \times 200000 = 340,00 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ND4} &= A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 340,00 \times 10^{-3} = \mathbf{547,109 \text{ kN}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{s4} &= \frac{600,0 - 356}{600} \times 0,003 \\ &= 0,00122 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00122 \times 200000 = 244 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ND5} &= A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 244,00 \times 10^{-3} = \mathbf{392,631 \text{ kN}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{s5} &= \frac{600,0 - 452}{600} \times 0,003 \\ &= 0,00074 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00074 \times 200000 = 148 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ND6} &= A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 148,00 \times 10^{-3} = \mathbf{238,153 \text{ kN}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{s6} &= \frac{600,0 - 548}{600} \times 0,003 \\ &= 0,00026 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00026 \times 200000 = 52 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ND7} &= A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32) \\ &= 1609,14 \times 52,00 \times 10^{-3} = \mathbf{83,675 \text{ kN}}\end{aligned}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{644,0 - 600}{600} \times 0,003$$



$$\epsilon_{s7} = \frac{740 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00022 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00022 \times 200000 = 44 \text{ MPa}$$

$$NT1 = A_s5 \times f_s \quad \#$$

$$= 8045,71 \times 44,00 \times 10^{-3} = \mathbf{354,011 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s9} = \frac{740 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00070 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00070 \times 200000 = 140,00 \text{ MPa}$$

$$NT2 = A_s5 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 140,00 \times 10^{-3} = \mathbf{225,280 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s10} = \frac{836 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00118 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00118 \times 200000 = 236,00 \text{ MPa}$$

$$NT3 = A_s5 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 236,00 \times 10^{-3} = \mathbf{379,758 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s11} = \frac{932 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00166 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00166 \times 200000 = 332,00 \text{ MPa}$$

$$NT4 = A_s5 \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 332,00 \times 10^{-3} = \mathbf{534,235 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 + ND6 + ND7 + ND8$$

$$NT1 - NT2 + NT3 + NT4 + NT5$$

$$= 15172,5 + 3218,29 + 643,657 + 547,109 + 392,631 + 238,153 + 83,675 - 354,011 - 225,280 - 379,758 - 534,235$$

$$= 18802,726 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 18802,726$$

$$= 12221,8 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y3)\}$$

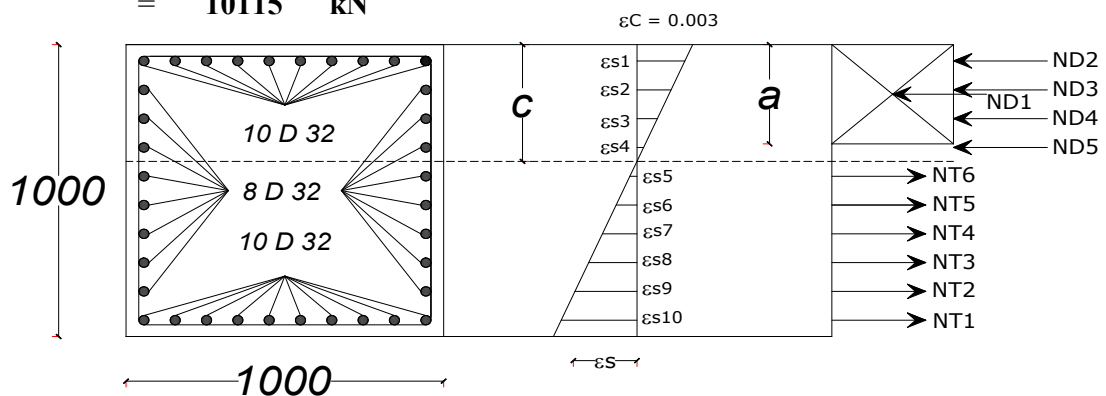
$$\begin{aligned}
& + \{ (ND6) \cdot (h/2 - y_4) \} + \{ (ND7) \cdot (h/2 - y_5) \} \\
& = 15172,5 \left[ 1000 / 2 - 510 / 2 \right] + \left[ 3218,29 + 354,011 \right] \times \\
& \quad \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 643,657 + 225,280 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 164 \right] + \\
& \quad \left[ 547,11 + 379,8 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 260 \right] + \left[ 392,63 + 534,24 \right] \times \\
& \quad \left[ 1000 / 2 - 356 \right] + \left[ 238,15 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 452 \right] + \left[ 83,675 \right] \times \\
& \quad \left[ 1000 / 2 - 548,0 \right] 10^{-3} \\
& = \left[ 3717262,5 + 1543232 + 291962,9 + 463173,1 + \right. \\
& \quad \left. 133468,7451 + 11431 + (-4016,4) \right] 10^{-3} \\
& = 6156,515 \text{ kNm} \\
\phi M_n & = 0,65 \times 6156,515 \\
& = 4001,73 \text{ kNm} \\
e_b & = \frac{M_n}{P_n} = \frac{6156,51}{18802,726} = 0,3274 \text{ m} = 327,43 \text{ mm}
\end{aligned}$$

• **Kondisi Patah Tarik ( $c < c_b$ )**

Dipakai nilai  $c = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
a_b & = c \cdot \beta \\
& = 400 \times 0,85 \\
& = 340,0 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND1 & = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
& = 0,85 \times 35 \times 340,0 \times 1000 \times 10^{-3} \\
& = 10115 \text{ kN}
\end{aligned}$$



**Gambar 4.39 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah tarik 36 D 32**

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{400 - 68}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00249 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400,00 \text{ MPa}$$

$$\text{ND2} = A_{s1} \times f_s \times (10 \text{ D } 32)$$

$$= 8045,714 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{3218,29 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{400 - 164,00}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00177 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00177 \times 200000 = 354 \text{ MPa}$$

$$\text{ND3} = A_{s2} \times f_s \times (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 354,00 \times 10^{-3} = \mathbf{569,637 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{400 - 260,00}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00105 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00105 \times 200000 = 210 \text{ MPa}$$

$$\text{ND4} = A_{s2} \times f_s \times (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 210,00 \times 10^{-3} = \mathbf{337,920 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{400 - 356,00}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00033 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00033 \times 200000 = 66 \text{ MPa}$$

$$\text{ND5} = A_{s2} \times f_s \times (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 66,00 \times 10^{-3} = \mathbf{106,203 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{452 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00039 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00039 \times 200000 = 78 \text{ MPa}$$

$$\text{NT1} = A_{s2} \times f_s \times (10 \text{ D } 32)$$

$$= 8045,71 \times 78,000 \times 10^{-3} = \mathbf{627,57 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{548 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00111 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00111 \times 200000 = 222 \text{ MPa}$$

$$\text{NT2} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 222,000 \times 10^{-3} = \mathbf{357,230 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{644 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00183 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00183 \times 200000 = 366 \text{ MPa}$$

$$\text{NT3} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 366,000 \times 10^{-3} = \mathbf{588,946 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{740 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00255 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT4} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{836 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00327 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT5} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s10} = \frac{932 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00399 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT6} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$\text{Pn} = \text{ND1} + \text{ND2} + \text{ND3} + \text{ND4} + \text{ND5} - \text{NT1} - \text{NT2} - \text{NT3} - \text{NT4} - \text{NT5} -$$

$$\text{NT6}$$

$$= 10115 + 3218,29 + 569,637 + 337,920 + 106,203 - 627,566 -$$

$$357,23 - 588,946 - 643,657 - 643,66 - 643,66$$

$$= \mathbf{10842,333 \text{ kN}}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,65 \times 10842,333 \\ &= 7047,52 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{nb} &= ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\ &\quad + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y3)\} \\ &\quad + \{(NT5).(h/2 - y4)\} + \{(NT6).(h/2 - y5)\} \\ &= 10115,0 \left[ 1000 / 2 - 340 / 2 \right] + \left[ 3218,29 + 627,566 \right] \times \\ &\quad \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 569,64 + 357,23 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 164,0 \right] + \\ &\quad \left[ 337,92 + 588,95 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 260 \right] + \left[ 106,20 + 643,66 \right] \times \\ &\quad \left[ 1000 / 2 - 356 \right] + \left[ 643,66 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 400 \right] + \\ &\quad \left[ 643,66 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 452 \right] \times 10^{-3} \\ &= \left[ 3337950 + 1661408 + 311427,1 + 463173,1 + \right. \\ &\quad \left. 107979,9223 + 64366 + 30895,5 \right] 10^{-3} \\ &= 5977,199 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,65 \times 5977,199 \\ &= 4085,179 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{5977,199}{10842,333} = 0,551 \text{ m} = 551 \text{ mm}$$

#### • Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 16 \text{ D } 32 = 12861,440 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 20 \text{ D } 32 = 16076,800 \text{ mm}^2$$


$$A_{s1} = 10 \text{ D } 32 = 8038,400 \text{ mm}^2$$

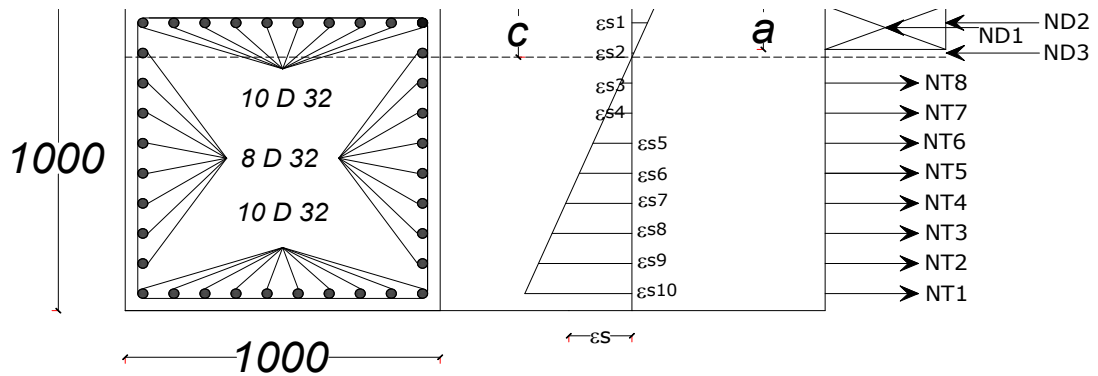
$$A_{s2} = 8 \text{ D } 32 = 6430,720 \text{ mm}^2$$

$$y1 = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$y2 = 68 + 96 = 164 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{8038,4 \times 68 + 6430,7 \times 164}{14469,120} = 110,67 \text{ mm}$$

$$\epsilon_c = 0.003$$




**Gambar 4.40 Diagram tegangan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 36 D 32**

Dimisalkan garis netral ( $c$ )  $> y_1$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 16076,800 - 12861,440 \times 400 \right] c - 600 \times 16076,800 \times 110,7 = 0$$

$$25288 \cdot c^2 + 4501504,00 \cdot c - 1067531673,6 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai  $c$  :

$$\begin{aligned} c &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a} \\ &= \frac{-4501504 \pm \sqrt{4501504^2 - 4 \times 25288 \times 1067531673,6}}{2 \times 25288} \\ &= \frac{-4501504 + 11324503}{2 \times 25288} = 1210 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$50575$$

$$c = 134,9 \text{ mm}$$

Karena nilai  $c < y_2$  maka dihitung nilai  $c$  sebenarnya berdasarkan persamaan yang kedua.

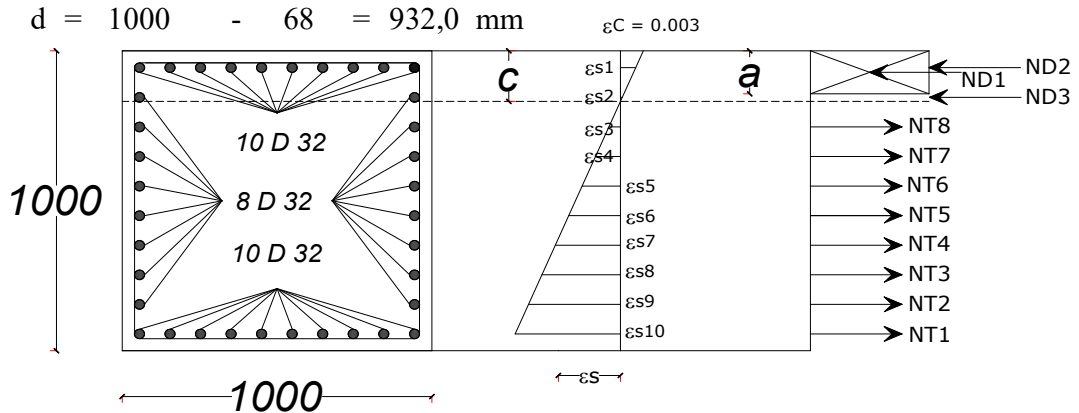
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 24 \text{ D } 32 = 19309,714 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 12 \text{ D } 32 = 9654,857 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 68 = 932,0 \text{ mm}$$



**Gambar 4.41 Diagram tegangan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 36 D 32**

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 9654,857 - 19309,714 \right]$$

$$x \ 400 \ ]_c - 600 \ x \ 9654,857 \ x \ 68,0 = 0$$

$$25288 \ c^2 + -1930971,43 \ c - 393918171,4 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a . c}}{2 . a}$$

$$= \frac{1930971 + \sqrt{-1930971^2 - 4 \ x \ 25288 \ x \ 393918171,4}}{2 \ x \ 25288}$$

$$= \frac{1930971,4 + 6601020,7}{50575} = 168,700 \text{ mm}$$

$$c = 168,700 \text{ mm}$$

Dihitung nilai a :

$$a = \beta . c$$

$$= 0,85 \ x \ 168,700 = 143,395 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 . f_c' . a . b$$

$$= 0,85 \ x \ 35 \ x \ 143,395 \ x \ 1000$$

$$= 4265,996 \text{ kN}$$

$$ND2 = f_s' . A_s'$$

$$= \frac{(c - d')}{c} \ x \ 600 . A_s'$$

$$= \frac{168,700 - 68,0}{168,700} \ x \ 600 \ x \ 9654,857 \ x \ 10^{-3}$$

$$= 3457,890 \text{ kN}$$

$$NT1 = A_s \ x \ f_y$$

$$= 8045,714 \ x \ 400 \ x \ 10^{-3}$$

$$= 3218,29 \text{ kN}$$

$$NT2 = A_s \ x \ f_y$$

$$= 1609,14 \ x \ 400 \ x \ 10^{-3}$$

$$NT6 = A_s \ x \ f_y$$

$$= 1609,14 \ x \ 400 \ x \ 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$NT7 = A_s \ x \ f_y$$

$$= 1609,14 \ x \ 400 \ x \ 10^{-3}$$



$$\begin{aligned}
&= 643,657 \text{ kN} & &= 643,657 \text{ kN} \\
\text{NT3} &= A_s \times f_y & \text{NT8} &= A_s \times f_y \\
&= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3} & &= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 643,66 \text{ kN} & &= 643,657 \text{ kN} \\
\text{NT4} &= A_s \times f_y \\
&= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 643,657 \text{ kN} \\
\text{NT5} &= A_s \times f_y \\
&= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 643,657 \text{ kN} \\
\text{ND1+ND2} &= \text{NT1+NT2+NT3+NT4+NT5+NT6+NT7+NT8} \\
4266 + 3457,89 &= 3218,29 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + \\
&643,657 + 643,657 + 643,657 \\
7723,886 &= 7723,886 \\
\text{ZND1} &= c - a/2 & \text{ZNT4} &= y_6 - c \\
&= 168,700 - 143,395 / 2 & &= 452,00 - 168,700 \\
&= 97 \text{ mm} & &= 283,300 \text{ mm} \\
\text{ZND2} &= c - y_1 & \text{ZNT5} &= y_7 - c \\
&= 168,700 - 68 & &= 548,00 - 168,700 \\
&= 100,700 \text{ mm} & &= 379,300 \text{ mm} \\
\text{ZNT1} &= y_3 - c & \text{ZNT6} &= y_8 - c \\
&= 168,700 - 164,000 & &= 644,00 - 168,700 \\
&= 4,700 \text{ mm} & &= 475,300 \text{ mm} \\
\text{ZNT2} &= y_4 - c & \text{ZNT7} &= y_9 - c \\
&= 260,0 - 168,700 & &= 740,00 - 168,700 \\
&= 91,300 \text{ mm} & &= 571,300 \text{ mm} \\
\text{ZNT3} &= y_5 - c & \text{ZNT8} &= y_{10} - c \\
&= 356,0 - 168,700 & &= 836,00 - 168,700 \\
&= 187,300 \text{ mm} & &= 667,300 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= ((ND1.ZND1)+(ND2.ZND2)+(NT1.ZNT2)+(NT2.ZNT2)+(NT3.ZNT3) \\
 &\quad + (NT4.ZNT4) + (NT5.ZNT5) + (NT6.ZNT6) + (NT7.ZNT7)+ \\
 &\quad (NT8.ZNT8)) \\
 &= [4265,996 \times 97,0024] + [3457,890 \times 100,700] + [3218,29 \times 4,700] \\
 &\quad + [643,657 \times 91,300] + [643,657 \times 187,300] + [643,657 \times 283,300] \\
 &\quad + [643,657 \times 379,300] + [643,657 \times 475,300] + [643,657 \times 571,300] \\
 &\quad + [643,657 \times 667,300] \\
 &= 2915,633 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,65 \times 2915,633 \\
 &= 1895,162 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Diagram Interaksi kolom 36 D 32

Kondisi	36 D 32	
	$\phi P_n$ (kN)	$\phi M_n$ (kNm)
Sentris	21041,48	0
Patah Desak	12221,77	4001,734
Balance	10858,71	4323,380
Patah Tarik	7197,516	4085,179
Lentur	0	1895,162

#### 4.2.6 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 44 D 32

Diketahui :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}} - h_{\text{balok}}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$= 3000 - 700 = 2300 \text{ mm}$$

Tulangan sengkang Ø 12

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

Tulangan utama dipakai D 32

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Tebal selimut beton 40 mm

Dicoba tulangan D 32 mm

$$d = h - \text{selimut beton} - \text{Ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan pokok}$$

$$= 1000 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 32$$

$$= 932,0 \text{ mm}$$

$$d' = 1000 - 932,0 = 68,0 \text{ mm}$$

- Luas Penampang kolom ( $A_g$ )

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 1000 \times 1000$$

$$= 1000000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } 44 \text{ D } 32 \text{ } A_{s_t} = 35369 \text{ mm}^2$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 10.9.1, Luas tulangan Longitudinal,  $A_{s_t}$ , untuk

komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,08A_g$

Periksa Rasio Tulangan Memanjang :

$$\rho_g = \frac{A_{s_t}}{A_g} = \frac{35369}{1000000} = 0,035$$

$$0,01 A_g < \rho_g = 0,035 < 0,08 A_g$$

- Beban Sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f_c (A_g - A_{s_t}) + f_y \cdot A_{s_t}$$

$$= (0,85 \cdot 35 (1000000 - 35368,96) + 400 \cdot 35368,96) \cdot 10^{-3} = 42845,357 \text{ kN}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 34276,286$$

$$= 0,80 \cdot 42845,357 = 22279,586 \text{ kN}$$

$$= 34276,286 \text{ kN}$$

• **Kondisi Seimbang**

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 932,0}{600 + 400} = 559,2 \text{ mm}$$

$$a_b = c \cdot \beta$$

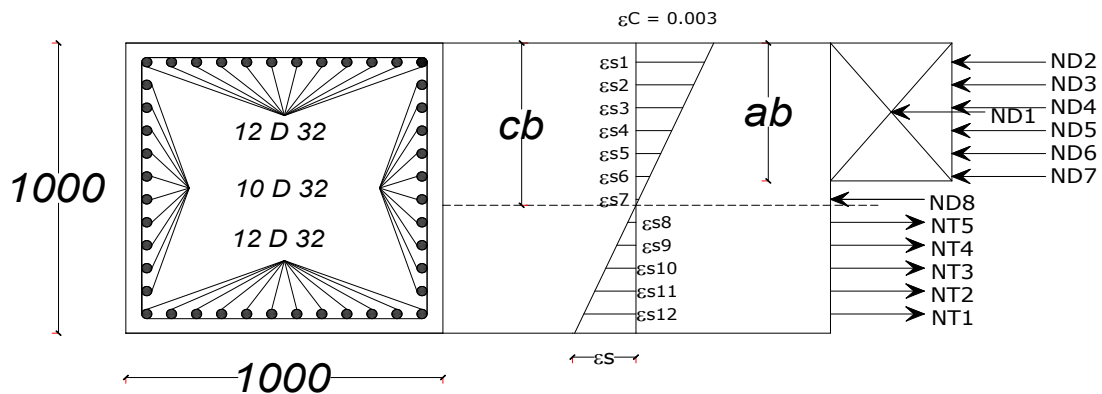
$$= 559,2 \times 0,85$$

$$= 475,32 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 475,320 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 14140,8 \text{ kN}$$



**Gambar 4.42 Diagram tegangan regangan kolom kondisi seimbang 44 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{559,2 - 68,0}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00264 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (12 \text{ D } 32)$$

$$= 9654,86 \times 400 \times 10^{-3} = 3861,94 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{559,2 - 146,55}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00221 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{559,2 - 225,1}{559,2} \times 0,003$$

$$= 0,00179 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00179 \times 200000 = 358,486 \text{ MPa}$$

$$\text{ND4} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 358,486 \times 10^{-3} = \mathbf{576,86 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{559,20 - 303,6}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00137 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00137 \times 200000 = 274,21 \text{ MPa}$$

$$\text{ND5} = A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 274,210 \times 10^{-3} = \mathbf{441,24 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{559,20 - 382,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,0009 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0009 \times 200000 = 189,93 \text{ MPa}$$

$$\text{ND6} = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 189,934 \times 10^{-3} = \mathbf{305,63 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s6} = \frac{559,20 - 460,7}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,0005 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0005 \times 200000 = 105,66 \text{ MPa}$$

$$\text{ND7} = A_{s6} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 105,657 \times 10^{-3} = \mathbf{170,02 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s7} = \frac{559,20 - 539,3}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,0001 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0001 \times 200000 = 21,38 \text{ MPa}$$

$$\text{ND8} = A_{s7} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 21,381 \times 10^{-3} = \mathbf{34,41 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s8} = \frac{617,8 - 559,20}{559,200} \times 0,003$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{559,200}{\Delta \sigma_{s8}}$$

$$= \frac{559,200}{200000}$$

$$= 0,0003 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,0003 \times 200000 = 62,90 \text{ MPa}$$

$$\text{NT1} = A_{s8} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 9654,86 \times 62,90 \times 10^{-3} = \mathbf{607,24 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{696,36 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00074 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00074 \times 200000 = 147,171 \text{ MPa}$$

$$\text{NT2} = A_{s9} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 147,171 \times 10^{-3} = \mathbf{236,820 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s10} = \frac{774,91 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00116 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00116 \times 200000 = 231,448 \text{ MPa}$$

$$\text{NT3} = A_{s10} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 231,448 \times 10^{-3} = \mathbf{372,432 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s11} = \frac{853,45 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00158 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00158 \times 200000 = 315,724 \text{ MPa}$$

$$\text{NT4} = A_{s11} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 315,724 \times 10^{-3} = \mathbf{508,045 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s12} = \frac{932,00 - 559,2}{559,200} \times 0,003$$

$$= 0,00200 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00200 \times 200000 = 400,000 \text{ MPa}$$

$$\text{NT5} = A_{s12} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,143 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$P_{nb} = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 + ND6 + ND8 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4 - NT5$$

$$= 14140,8 + 3861,94 + 643,657 + 576,855 + 441,24 + 305,63 + 170,02 + 34,41 - 607,24 - 236,820 - 372,432 - 508,045$$

$$\begin{aligned}
& 643,657 \\
& = 17806,326 \text{ kN} \\
\phi P_{nb} & = 0,65 \times 17806,326 \\
& = 11574,11 \text{ kN} \\
\\
M_{nb} & = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\
& \quad + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y3)\} \\
& \quad + \{(ND6 + NT5).(h/2 - y4)\} + \{(ND7).(h/2 - y5)\} \\
& \quad + \{(ND8).(h/2 - y6)\} \\
& = 14140,8 \left[ 1000 / 2 - 475,3 / 2 \right] + \left[ 3861,94 + 607,243 \times \right. \\
& \quad \left. \left[ 1000 / 2 - 68,0 \right] \right] + \left[ 643,66 + 236,82 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 146,5 \right] \\
& \quad + \left[ 576,86 + 372,4 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 225,1 \right] + \left[ 441,24 + \# \right. \\
& \quad \left. \times \left[ 1000 / 2 - 303,6 \right] \right] + \left[ 1609,14 + 643,7 \right] \times \left[ 1000 / 2 - \# \right. \\
& \quad \left. + \left[ 170 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 460,7 \right] \right] + \left[ 34,4 \right] \times \left[ 1000 / 2 - \# \right. \\
& \quad \left. 10^{-3} \right. \\
& = \left[ 3709689,602 + 1930688 + 311208,5 + 474418,7 + \right. \\
& \quad \left. 186405,556 + 265421 + 6677,1 + -1351,2 \right] 10^{-3} \\
& = 6883,157 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_{nb} & = 0,65 \times 6883,2 \\
& = 4474,1 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{6883,1572}{17806,326} = 0,3866 \text{ m} = 386,557 \text{ mm}$$

• **Kondisi Seimbang dengan 1,25 fy**

$$f_y = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 400 = 500,0 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 932,0}{600 + 500,0} = 508,364 \text{ mm}$$

$$a_b = c_b \cdot \beta$$

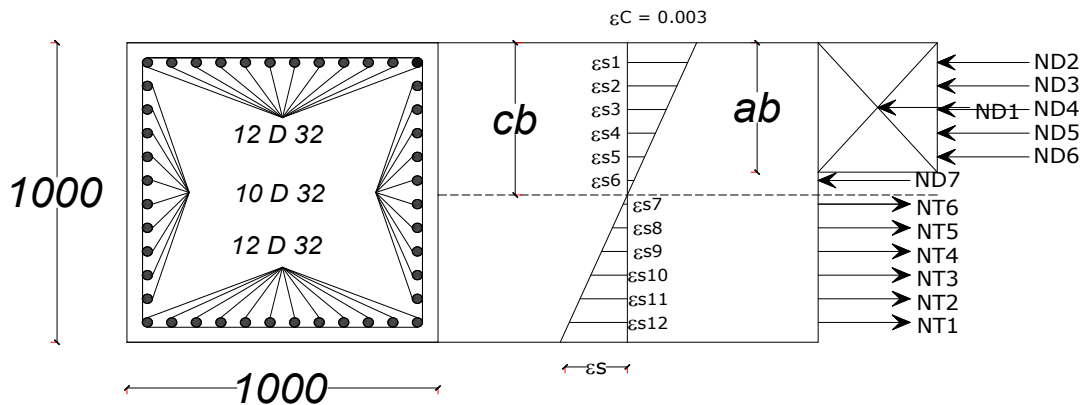
$$= 508,364 \times 0,85$$

$$= 432,109 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 432,109 \times 1000 \times 10^{-3}$$

$$= 12855,2 \text{ kN}$$



Gambar 4.14 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang 1,25 fy

$$\varepsilon = \frac{f_y}{E_s} = \frac{500,00}{200000} = 0,00250$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{508,364 - 68,0}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00260 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 500 \text{ Mpa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (12 \text{ D } 32)$$

$$= 9654,857 \times 500,00 \times 10^{-3} = 4827,429 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{508,364 - 146,55}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00214 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00214 \cdot 200000 = 427,039 \text{ Mpa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 427,039 \times 10^{-3} = 687,166 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{508,364 - 225,09}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00167 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00167 \cdot 200000 = 334,335 \text{ Mpa}$$

$$ND4 = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$



$$= 1609,1 \times 334,335 \times 10^{-3} = \mathbf{537,992 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S4} = \frac{508,364 - 303,64}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00121 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00121 \cdot 200000 = 241,631 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND5} = A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 241,631 \times 10^{-3} = \mathbf{388,819 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S5} = \frac{508,364 - 382,18}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00074 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00074 \cdot 200000 = 148,927 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND6} = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 148,927 \times 10^{-3} = \mathbf{239,645 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S6} = \frac{508,364 - 460,73}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00028 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00028 \cdot 200000 = 56,223 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND7} = A_{s6} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 539,273 \times 10^{-3} = \mathbf{867,767 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S7} = \frac{539,27 - 508,364}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00018 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00018 \cdot 200000 = 36,481 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT1} = A_{s7} \times f_s \quad (12 \text{ D } 32)$$

$$= 9654,9 \times 36,481 \times 10^{-3} = \mathbf{352,216 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S8} = \frac{617,82 - 508,364}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00065 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00065 \cdot 200000 = 129,185 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT2} = A_{s8} \times f_s \quad (12 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 129,185 \times 10^{-3} = \mathbf{207,876 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S9} = \frac{696,36 - 508,364}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00111 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00111 \cdot 200000 = 221,888 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT3} = A_{s9} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 221,888 \times 10^{-3} = \mathbf{357,050 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s10} = \frac{774,91 - 508,364}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00157 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00157 \cdot 200000 = 314,592 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT4} = A_{s10} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 314,592 \times 10^{-3} = \mathbf{506,224 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s11} = \frac{853,45 - 508,364}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00204 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00204 \cdot 200000 = 407,296 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT5} = A_{s11} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 407,296 \times 10^{-3} = \mathbf{655,398 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s12} = \frac{932,00 - 508,364}{508,364} \times 0,003$$

$$= 0,00250 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00250 \cdot 200000 = 500,000 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT6} = A_{s12} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,1 \times 500 \times 10^{-3} = \mathbf{804,571 \text{ kN}}$$

$$\text{Pnb} = \text{ND1} + \text{ND2} + \text{ND3} + \text{ND4} + \text{ND5} + \text{ND6} + \text{ND7} - \text{NT1}$$

$$- \text{NT2} - \text{NT3} - \text{NT4} - \text{NT5} - \text{NT6}$$

$$= 12855,2 + 4827,43 + 687,166 + 537,992 + 388,819 + 239,645$$

$$+ 867,767 - 352,22 - 207,88 - 357,05 - 506,22 - 655,40$$

$$- 804,57$$

$$= 17520,72758 \text{ kN}$$

$$\phi \text{Pnb} = 0,65 \times 17520,728$$

$$= 11388,473 \text{ kN}$$

$$\text{Mnb} = \text{ND1}(h/2 - ab/2) + \{(\text{ND2} + \text{NT1}).(h/2 - d')\} + \{(\text{ND3} + \text{NT2}).(h/2 - y1)\}$$

$$\begin{aligned}
& + \{ (ND4 + NT3) \cdot (h/2 - y_2) \} + \{ (ND5 + NT4) \cdot (h/2 - y_3) \} \\
& + \{ (ND6 + NT5) \cdot (h/2 - y_4) \} + \{ (ND7 + NT6) \cdot (h/2 - y_5) \} \\
& = 12855 \left[ 1000 / 2 - 432,1 / 2 \right] + [4827,43 + 352,216] \times \\
& \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + [687,166 + 207,88] \times [1000 / 2 - 146,5] + \\
& [537,99 + 357,1] \times [1000 / 2 - 225,1] + [388,8 + 506,224] \times \\
& [1000 / 2 - 382,2] + [239,64 + 655,40] \times [1000 / 2 - 460,73] \\
& + [867,767 + 804,6] \times [1000 / 2 - 508,364] \cdot 10^{-3} \\
& = 3650188,51 + 2237606,4 + 316356,86 + 246055,33 + 105452,29 \\
& + 35150,76 + -13986,83 \\
& = 6576,82 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_{nb} &= 0,65 \times 6576,823 \\
&= 4274,935 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

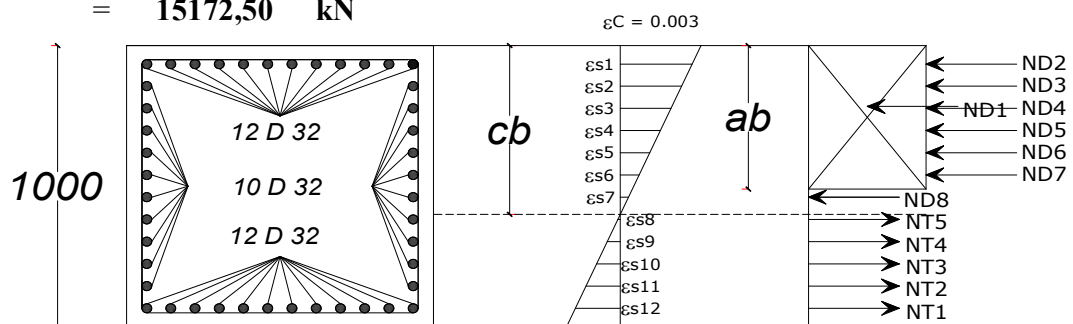
$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{6576,8233}{17520,728} = 0,3754 \text{ m} = 375,374 \text{ mm}$$

• **Kondisi Patah Desak** ( $c > c_b$ )

Dipakai nilai  $c = 600 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
a_b &= c \cdot \beta \\
&= 600,0 \times 0,85 \\
&= 510,0 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
&= 0,85 \times 35 \times 510,0 \times 1000 \times 10^{-3} \\
&= 15172,50 \text{ kN}
\end{aligned}$$



$$\overbrace{\hspace{1.5cm}}^{1000} \quad \overbrace{\hspace{1.5cm}}^{\epsilon_s}$$

**Gambar 4.43 Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah desak 44 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{600 - 68}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00266 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ND2} = A_{s1} \times f_s \quad (12 \text{ D } 32)$$

$$= 9654,857 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{3861,94 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{600 - 146,55}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00227 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{600 - 225,1}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00187 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00187 \times 200000 = 374,91 \text{ MPa}$$

$$\text{ND4} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 374,91 \times 10^{-3} = \mathbf{603,282 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{600,0 - 304}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00148 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00148 \times 200000 = 296 \text{ MPa}$$

$$\text{ND5} = A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 296,36 \times 10^{-3} = \mathbf{476,891 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{600,0 - 382}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00109 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00109 \times 200000 = 218 \text{ MPa}$$

$$\text{ND6} = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 217,82 \times 10^{-3} = \mathbf{350,501 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_6} = \frac{600,0 - 461}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00070 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00070 \times 200000 = 139 \text{ MPa}$$

$$\text{ND7} = A_{S6} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 139,27 \times 10^{-3} = \mathbf{224,110 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_7} = \frac{600,0 - 539}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00030 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00030 \times 200000 = 61 \text{ MPa}$$

$$\text{ND8} = A_{S7} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 60,73 \times 10^{-3} = \mathbf{97,719 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_8} = \frac{617,8 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00009 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00009 \times 200000 = 17,82 \text{ MPa}$$

$$\text{NT1} = A_{S8} \times f_s \quad (12 \text{ D } 32)$$

$$= 9654,86 \times 17,82 \times 10^{-3} = \mathbf{172,032 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_9} = \frac{696 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00048 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00048 \times 200000 = 96,36 \text{ MPa}$$

$$\text{NT2} = A_{S9} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 96,36 \times 10^{-3} = \mathbf{155,063 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_{10}} = \frac{775 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00087 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00087 \times 200000 = 174,91 \text{ MPa}$$

$$\text{NT3} = A_{S10} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 174,91 \times 10^{-3} = \mathbf{281,454 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{S_{11}} = \frac{853 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00127 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00127 \times 200000 = 253,45 \text{ MPa}$$

$$NT4 = As11 \times fs \text{ ( 2 D 32 )}$$

$$= 1609,14 \times 253,45 \times 10^{-3} = \mathbf{407,845 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s12} = \frac{932 - 600}{600} \times 0,003$$

$$= 0,00166 < \varepsilon_y ; \text{ maka } fs = 0,00166 \times 200000 = 332,00 \text{ MPa}$$

$$NT5 = As12 \times fs \text{ ( 2 D 32 )}$$

$$= 1609,14 \times 332,00 \times 10^{-3} = \mathbf{534,235 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 + ND6 + ND7 + ND8 - \\ NT1 - NT2 + NT3 + NT4 + NT5$$

$$= 15172,500 + 3861,94 + 643,657 + 603,282 + 476,891 + 350,501 + \\ 224,110 + 97,72 - 172,032 - 155,063 - 281,454 - 407,845 - \\ 534,235$$

$$= 19879,974 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 19879,974$$

$$= 12922 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\ + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y3)\} \\ + \{(ND6 + NT5).(h/2 - y4)\} + \{(ND7).(h/2 - y5)\} \\ + \{(ND8).(h/2 - y6)\}$$

$$= 15172,5 \left[ 1000 / 2 - 510 / 2 \right] + \left[ 3861,94 + 172,032 \right] \times \\ \left[ 1000 / 2 - 68 \right] + \left[ 643,66 + 155,06 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 146,5 \right] + \\ \left[ 603,28 + 281,5 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 225,1 \right] + \left[ 476,89 + 407,8 \right] \times \\ \left[ 1000 / 2 - 303,6 \right] + \left[ 350,5 + 534,24 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 382,2 \right] + \\ \left[ 224,1 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 460,7 \right] + \left[ 97,7 \right] \times \left[ 1000 / 2 - 539,3 \right] 10^{-3} \\ = \left[ 3717262,50 + 1742677,14 + 282311,21 + 442142,91 + \right. \\ \left. 173729,98 + 104237,99 + 8801,40 + \left[ -3837,7 \right] \right] 10^{-3} \\ = \mathbf{6467,325 \text{ kNm}}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,65 \times 6467,325 \\ &= 4203,76 \text{ kNm}\end{aligned}$$

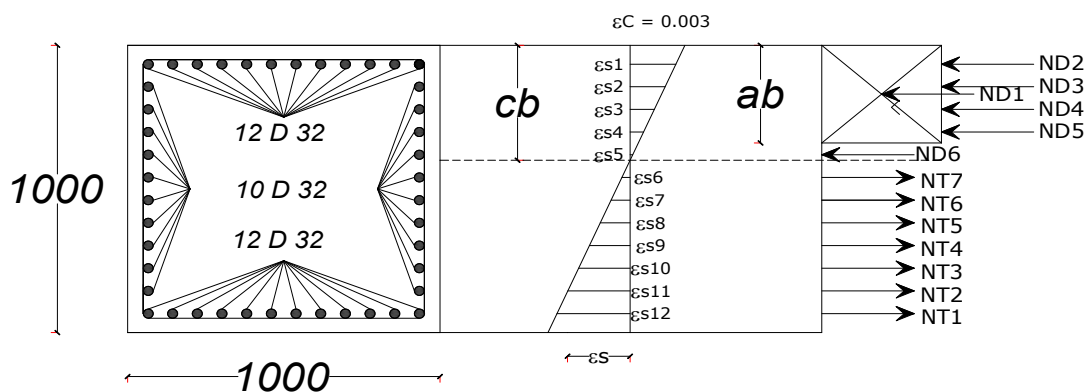
$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{6467,33}{19879,974} = 0,3253 \text{ m} = 325,32 \text{ mm}$$

• **Kondisi Patah Tarik ( $c < c_b$ )**

Dipakai nilai  $c = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}a_b &= c \cdot \beta \\ &= 400 \times 0,85 \\ &= 340,0 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ND1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \times 35 \times 340,0 \times 1000 \times 10^{-3} \\ &= \mathbf{10115 \text{ kN}}\end{aligned}$$



**Gambar 4.44 Diagram tegangan regangan kolom kondisi patah tarik 44 D 32**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{400 - 68}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00249 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400,00 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \times (12 \text{ D } 32)$$

$$= 9654,857 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{3861,94 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{400 - 146,55}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00190 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00190 \times 200000 = 380,2 \text{ MPa}$$

$$\text{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 380,18 \times 10^{-3} = \mathbf{611,767 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{400 - 225,09}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00131 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00131 \times 200000 = 262,4 \text{ MPa}$$

$$\text{ND4} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 262,36 \times 10^{-3} = \mathbf{422,181 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{400 - 303,64}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00072 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00072 \times 200000 = 144,5 \text{ MPa}$$

$$\text{ND5} = A_{s4} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 144,55 \times 10^{-3} = \mathbf{232,594 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{400 - 382,18}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00013 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00013 \times 200000 = 26,73 \text{ MPa}$$

$$\text{ND6} = A_{s5} \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 26,73 \times 10^{-3} = \mathbf{43,008 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{461 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,0005 < \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00046 \times 200000 = 91,1 \text{ MPa}$$

$$\text{NT1} = A_{s6} \times f_s \quad (12 \text{ D } 32)$$

$$= 9654,86 \times 91,091 \times 10^{-3} = \mathbf{879,47 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{539 - 400}{400} \times 0,003$$



$$= 0,00104 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00104 \times 200000 = 209 \text{ MPa}$$

$$\text{NT2} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 208,909 \times 10^{-3} = \mathbf{336,165 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{618 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00163 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00163 \times 200000 = 327 \text{ MPa}$$

$$\text{NT3} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 326,727 \times 10^{-3} = \mathbf{525,751 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{696 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00222 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT4} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{775 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00281 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT5} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,657 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s10} = \frac{853 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00340 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT6} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s10} = \frac{932 - 400}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00399 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{NT7} = A_s \times f_s \quad (2 \text{ D } 32)$$

$$= 1609,14 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{643,66 \text{ kN}}$$

$$P_n = ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 + ND6 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4 - NT5 - NT6 - NT7$$

$$= 10115 + 3861,94 + 611,767 + 422,181 + 232,594 + 43,01 - 879,470 - 336,16 - 525,751 - 643,657 - 643,66 - 643,66 - 643,66$$

$$= 10970,479 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 10970,479$$

$$= 7130,81 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y_1)\} + \{(ND4 + NT3).(h/2 - y_2)\} + \{(ND5 + NT4).(h/2 - y_3)\} + \{(ND6 + NT5).(h/2 - y_4)\} + \{(NT6).(h/2 - y_5)\} + \{(NT7).(h/2 - y_6)\}$$

$$= 10115,0 \left[ 1000 / 2 - 340 / 2 \right] + \left[ (3861,94 + 879,470) \times \left[ 1000 / 2 - 68 \right] \right] + \left[ (611,77 + 336,16) \times \left[ 1000 / 2 - 146,5 \right] \right] + \left[ (422,18 + 525,75) \times \left[ 1000 / 2 - 225,1 \right] \right] + \left[ (232,59 + 643,66) \times \left[ 1000 / 2 - 303,6 \right] \right] + \left[ (43,01 + 643,66) \times \left[ 1000 / 2 - 382,2 \right] \right] + \left[ (643,66) \times \left[ 1000 / 2 - 460,7 \right] \right] + \left[ (644) \times \left[ 1000 / 2 - 539,3 \right] \right] 10^{-3}$$

$$= \left[ 3337950 + 2048290 + 335050,7 + 473740,6 + 172063,9169 + 80902 + 25278,2 + -25278,2 \right] 10^{-3}$$

$$= 6447,997 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \times 6448,0$$

$$= 4191,198 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{6447,997}{10970,479} = 0,588 \text{ m} = 588 \text{ mm}$$

#### • Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 24 \text{ D } 32 = 19292,160 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 20 \text{ D } 32 = 16076,800 \text{ mm}^2$$

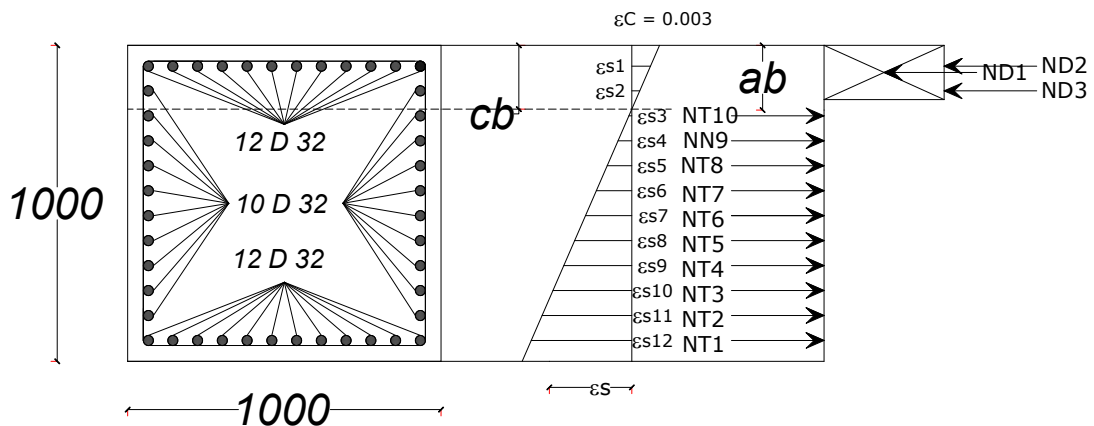
$$A_{s1} = 12 \text{ D } 32 = 9646,080 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 8 \text{ D } 32 = 6430,720 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$y_2 = 68 + 78,55 = 147 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{9646,08 \times 68 + 6430,7 \times 147}{16076,800} = 99,42 \text{ mm}$$



**Gambar 4.45 Diagram tegangan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 44 D 32**

Dimisalkan garis netral ( $c$ )  $> y_1$  maka perhitungan garis netral harus dicari

menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 16076,800 - 19292,160 \times 400 \right] c - 600 \times 16076,800 \times 99,4 = 0$$

$$25288 c^2 + 1929216,00 c - 959013273,6 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-1929216 + \sqrt{1929216^2 - 4 \times 25288 \times 959013273,6}}{2 \times 25288}$$

$$= \frac{-1929216 + 10036238}{50575} = 160,3 \text{ mm}$$

$$c = 160,3 \text{ mm}$$

Karena nilai  $c < y_2$  maka dihitung nilai c sebenarnya berdasarkan persamaan yang kedua.

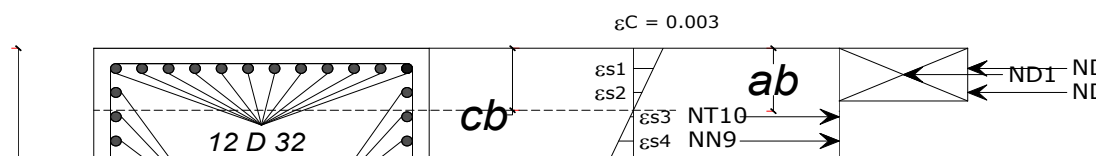
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

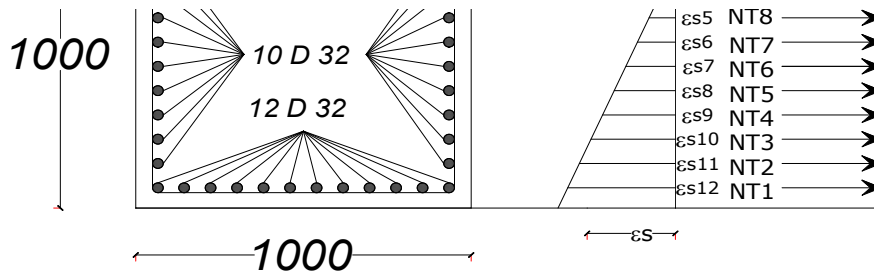
$$\text{Tulangan tarik } A_s = 30 \text{ D } 32 = 24137,143 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 14 \text{ D } 32 = 11264,000 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 12 + 1/2 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 68 = 932,0 \text{ mm}$$





**Gambar 4.46 Diagram tegangan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 44 D 32**

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot c \cdot b) \cdot c + (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000 \right] c^2 + \left[ 600 \times 11264,000 - 24137,143 \times 400 \right] c - 600 \times 11264,000 \times 68,0 = 0$$

$$25288 \cdot c^2 + -2896457,14 \cdot c - 459571200,0 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$\begin{aligned} c &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a} \\ &= \frac{2896457 + \sqrt{-2896457^2 - 4 \times 25288 \times 459571200,0}}{2 \times 25288} \\ &= \frac{2896457,1 + 7407772,3}{50575} = 203,742 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c = 203,742 \text{ mm}$$

Dihitung nilai a :

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 203,742 = 173,180 \text{ mm}$$

$$\text{ND1} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 173,180 \times 1000$$

$$= 5152,115 \text{ kN}$$

$$\text{ND2} = f_s' \cdot A_s'$$

$$= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s'$$

$$= \frac{203,742 - 68,0}{203,742} \times 600 \times 11264,000 \times 10^{-3} = 4502,742 \text{ kN}$$

$$\text{NT1} = A_s \times f_y$$

$$= 9654,857 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 3861,94 \text{ kN}$$

$$\text{NT6} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT2} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT7} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT3} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,143 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,66 \text{ kN}$$

$$\text{NT8} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT4} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT9} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT5} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{NT10} = A_s \times f_y$$

$$= 1609,14 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 643,657 \text{ kN}$$

$$\text{ND1} + \text{ND2} = \text{NT1} + \text{NT2} + \text{NT3} + \text{NT4} + \text{NT5} + \text{NT6} + \text{NT7} + \text{NT8} + \text{NT9} + \text{NT10}$$

$$5152,115 + 4502,74 = 3861,94 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 643,657 + 9654,857 = 9654,857$$

$$\text{ZND1} = c - a/2$$

$$\text{ZNT4} = y_6 - c$$

$$\begin{aligned}
&= 203,742 - 173,180 / 2 &= 382,18 - 203,742 \\
&= 117,2 \text{ mm} &= 178,440 \text{ mm} \\
ZND2 &= c - y1 &ZNT5 &= y7 - c \\
&= 203,742 - 68 &= 460,73 - 203,742 \\
&= 135,742 \text{ mm} &= 256,986 \text{ mm} \\
ZNT1 &= y3 - c &ZNT6 &= y8 - c \\
&= 203,742 - 146,545 &= 539,27 - 203,742 \\
&= 57,196 \text{ mm} &= 335,531 \text{ mm} \\
ZNT2 &= y4 - c &ZNT7 &= y9 - c \\
&= 225,1 - 203,742 &= 617,82 - 203,742 \\
&= 21,349 \text{ mm} &= 414,077 \text{ mm} \\
ZNT3 &= y5 - c &ZNT8 &= y10 - c \\
&= 303,6 - 203,742 &= 696,36 - 203,742 \\
&= 99,895 \text{ mm} &= 492,622 \text{ mm} \\
ZNT10 &= y12 - c &ZNT9 &= y11 - c \\
&= 853,5 - 203,742 &= 774,91 - 203,742 \\
&= 649,713 \text{ mm} &= 571,168 \text{ mm} \\
M_n &= ((ND1.ZND1)+(ND2.ZND2)+(NT1.ZNT2)+(NT2.ZNT2)+(NT3.ZNT3) + \\
&\quad (NT4.ZNT4) + (NT5.ZNT5) + (NT6.ZNT6) + (NT7.ZNT7)+(NT8.ZNT8) \\
&\quad + (NT9.ZNT9)+(NT10.ZNT10)) \\
&= [5152,115 \times 117,151] + [4502,74 \times 135,742] + [3861,94 \times 57,196] \\
&\quad + [643,657 \times 21,349] + [643,657 \times 99,895] + [643,657 \times 178,440] \\
&\quad + [643,657 \times 256,986] + [643,657 \times 335,531] + [643,657 \times 414,077] \\
&\quad + [643,657 \times 492,622] + [643,657 \times 571,168] + [643,657 \times 649,713] \\
&\quad 10^{-3} \\
&= 3379,378 \text{ kNm} \\
\phi M_n &= 0,65 \times 3379,378 \\
&= 2196,596 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Kondisi	<b>44 D 32</b>	
	$\phi$ Pn (kN)	$\phi$ Mn (kNm)
Sentris	22279,59	0
Patah Desak	12921,98	4203,76
Balance	11574,11	4474,05
Patah Tarik	7130,811	4191,20
Lentur	0	2196,60

Kolom	$\phi$ Pn (kN)
Kolom Atas	15615,43
Kolom desain	16531,93
Kolom Bawah	17585,87

Kondisi	<b>36 D 32</b>	
	$\phi$ Pn (kN)	$\phi$ Mn (kNm)
Sentris	21041,48	0
Patah Desak	12221,77	4001,73
Balance	10858,71	4323,38
Patah Tarik	7197,52	4085,18
Lentur	0	1895,16

Kondisi	<b>32 D 32</b>	
	$\phi$ Pn (kN)	$\phi$ Mn (kNm)
Sentris	20422,43	0
Patah Desak	12075,34	3863,8966
Balance	10540,24	4116,4009
Patah Tarik	6815,95	3854,1287
Lentur	0	1427,3190

Kondisi	<b>28 D 32</b>	
	$\phi$ Pn (kN)	$\phi$ Mn (kNm)
Sentris	19803,37	0,00
Patah Desak	11539,82	3719,99
Balance	10342,44	3972,87
Patah Tarik	6730,97	3715,95
Lentur	0,00	1577,47

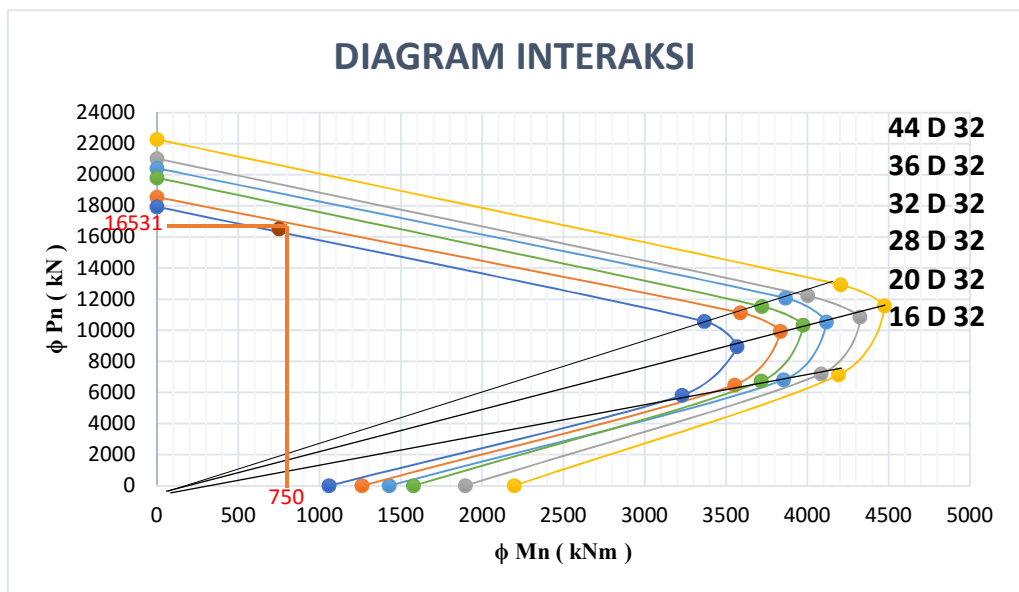
Kondisi	<b>20 D 32</b>	
	$\phi$ Pn (kN)	$\phi$ Mn (kNm)
Sentris	18565,27	0,00
Patah Desak	11131,48	3588,25
Balance	9932,95	3834,49
Patah Tarik	6486,44	3552,85
Lentur	0,00	1259,19

Kondisi	<b>16 D 32</b>	
	$\phi$ Pn (kN)	$\phi$ Mn (kNm)
Sentris	17946,21	0
Patah Desak	10580,46	3366,45
Balance	8963,96	3566,83



Patah Tarik	5823,70	3229,57
Lentur	0	1056,63

Dari perhitungan ETABS, didapat nilai nilai - beban Aksial terfaktor untuk kolom atas sebesar 15615,43 kN , kolom desain sebesar 16531,93 kN , dan kolom bawah sebesar 17585,87 kN



**Gambar 4.47 Diagram Interaksi Kolom**

Dari diagram diatas, dapat dilihat bahwa koordinat untuk momen max yang terjadi pada kolom desain masih berada di dalam diagram. Maka dapat disimpulkan bahwa kolom desain mampu memikul beban-beban struktur.

Dari hasil pembacaan ketiga diagram interaksi kolom diatas, maka didapat nilai momen nominal terfaktor untuk kolom yang ditinjau sebesar :

Kolom	$\phi$ Mn (kNm)
Kolom Atas	779
Kolom desain	750

Kolom Bawah	2178
-------------	------

#### 4.2.7 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

Diketahui : $l = 3000 \text{ mm}$	$f_c = 35 \text{ MPa}$
$b = 1000 \text{ mm}$	$f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$
$h = 1000 \text{ mm}$	$f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$
$l_n = \text{tinggi kolom} - h \text{ balok}$	$D = 32 \text{ mm}$
$= 3000 - 700 = 2300$	$\emptyset = 12 \text{ mm}$
$p = 40 \text{ mm}$	

##### a. Pengekangan Kolom

Pada perencanaan SRPMK, Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang  $l_0$  (SNI 2847-2013, Pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang  $l_0$  tidak boleh kurang dari :

- $h = 1000 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} \cdot l_n = \frac{1}{6} \times 2300 = 383,333 \text{ mm}$
- $450 \text{ mm}$

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh  $1000 \text{ mm}$  dari muka kolo

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{1}{4} \times \text{dimensi terkecil komponen struktur} = \frac{1}{4} \times 1000 = 250 \text{ mm}$
- $6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm}$

Dipasang tulangan geser  $4 \emptyset 12 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s &= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 \\ &= 452,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } A_s = 452,16 \text{ mm}^2 \geq A_{sh}$$

$$h_c = 1000 - 40 - 40 - 12 = 908,0 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = [1000 - 2 \times 40]^2 = 846400 \text{ mm}^2$$

$A_{sh}$  minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal

21.6.4.4.(b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left( \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$

$$452,2 = 0,3 \times \left( \frac{s \times 908 \times 35}{400} \right) \times \left( \left( \frac{1000000}{846400} \right) - 1 \right)$$

$$452,2 = 0,3 \times 79,5 \times s \times 0,181$$

$$452,2 = 4,32544 \times s$$

$$s = 104,535 \text{ mm}$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$$

$$452,2 = 0,09 \left( \frac{s \times 908 \times 35}{400} \right)$$

$$452,2 = 0,09 \times 79,45 \times s$$

$$452,2 = 7,1505 \times s$$

$$s = 63,2347 \text{ mm}$$

Digunakan  $s = 100 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan geser  $4 \text{ } \varnothing 12 - 100 \text{ mm}$

#### a. Perhitungan Tulangan Transversal Kolom Akibat Ve

Diketahui : $l = 3000 \text{ mm}$	$f'_c = 35 \text{ MPa}$
$b = 1000 \text{ mm}$	$f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$
$h = 1000 \text{ mm}$	$f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$
Tinggi bersih $h_n = 2300 \text{ mm}$	$Nu, k = 16531932,70 \text{ N}$
Tulangan sengkang = $\varnothing 12 \text{ mm}$	

Perhitungan Momen Probabilitas (Mpr)

$$M_{pr} = M_{nb} = 6883157179,795 \text{ Nmm}$$

Karena tulangan longitudinal sepanjang kolom sama, maka  $M_{pr_3}$  dan  $M_{pr_4}$   
 $= 6883157179,795 \text{ Nmm}$ , sehingga :

$$\begin{aligned}
V_{e \text{ kolom}} &= \frac{M_{pr\_3} + M_{pr\_4}}{h_n} \\
&= \frac{6883157179,795 + 6883157179,795}{2300} \\
&= 5985354,1 \text{ N} \\
V_{e \text{ balok}} &= \frac{M_{Pr\_1} + M_{Pr\_2}}{h_n} \\
&= \frac{1586535060,453 + 1586535060,453}{2300} \\
&= 1379595,705 \text{ N} < V_{e \text{ kolom}} = 5985354,069 \text{ N}
\end{aligned}$$

$V_c = 0$  apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 sebagai berikut :

Gaya aksial terfaktor  $< A_g \cdot f_c / 20$

$$16531933 \text{ N} < \frac{1000 \times 1000 \times 35}{20}$$

$$16531933 \text{ N} > 1750000 \text{ N}$$

Maka dipakai  $V_c$  sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 :

$$\begin{aligned}
V_c &= 0,17 \left[ 1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right] \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
&= 0,17 \left[ 1 + \frac{16531932,7}{14 \times 1000000} \right] \times 1 \times \sqrt{35} \times 1000 \times 535,5 \\
&= 1174542,347 \text{ N}
\end{aligned}$$

- **Tulangan geser di dalam daerah sendi plastis**

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang  $l_o$  (SNI 2847-2013

Pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari

$$- h = 1000 \text{ mm}$$

$$- \frac{1}{6} \times l_n = \frac{1}{6} \times 2300 = 383,3 \text{ mm}$$

- 450 mm

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 450 mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah sendi plastis (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

-  $\frac{1}{4}$  x dimensi terkecil komponen =  $\frac{1}{4}$  x 1000 = 250 mm

- 6 x diameter terkecil komponen = 6 x 32 = 192 mm

-  $s_o = 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right) = 100 + \left( \frac{350 - 605}{3} \right) = 15 \text{ mm}$

Maka diasumsikan s rencana yang dipakai sebesar 100 mm

$h_c = 1000 - 40 - 40 - 12 = 908 \text{ mm}$

$A_{ch} = [1000 - 2 \times 40]^2 = 846400 \text{ mm}^2$

$A_{sh}$  minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal

21.6.4.4.(b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left( \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \left( \frac{10 \times 908 \times 35}{400} \right) \times \left( \left( \frac{1000000}{846400} \right) - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0,3 \times 794,5 \times 0,181$$

$$A_{sh} = 43,2544 \text{ mm}^2$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \left( \frac{10 \times 908 \times 35}{400} \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 \times 794,5$$

$$A_{sh} = 71,505 \text{ mm}^2, \text{ maka diambil yg terbesar yaitu: } 71,51 \text{ mm}^2$$

Untuk memenuhi luas perlu minimum, maka dipasang:  $A_{sh}$  4  $\phi$  12

$$A_{sh} \text{ 4 } \phi \text{ 12} = 452,2 \text{ mm}^2 > 71,51 \text{ mm}^2 \quad (\text{Terpenuhi})$$

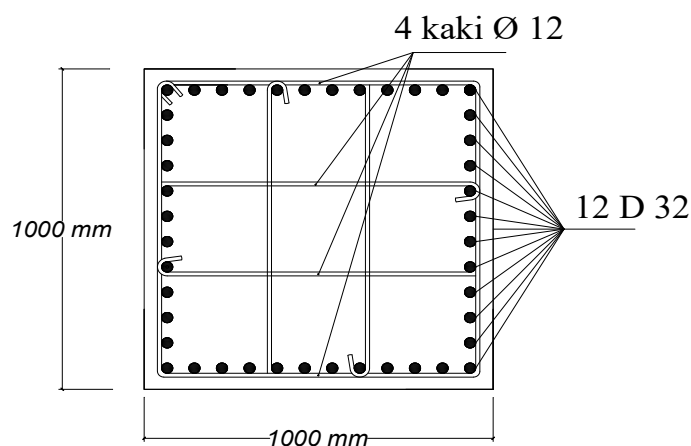
Maka, direncanakan tulangan sengkang kolom 4 kaki diameter 12 - 100

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{452,2 \times 400 \times 535,5}{100}$$

$$= 968526,72 \text{ N}$$

Jadi dipasang tulangan geser 4 kaki  $\phi$  12 - 100 mm

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9



**Gambar 4.48 Tulangan geser pada daerah sendi plastis kolom**

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \leq 0,66 \times \sqrt{35} \times 1000 \times 1000$$

$$968.527 \text{ N} < 3.904.613 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 [ 968527 + 1174542,3 ]$$

$$= 1607301,80 \text{ N} > V_u = 1379595,70 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh  $l_o = 1000 \text{ mm}$  dipasang tulangan geser 4 kaki  $\phi$  12 - 100.

- **Tulangan geser di luar daerah sendi plastis**

Persyaratan spasi maksimum untuk daerah luar sendi plastis menurut

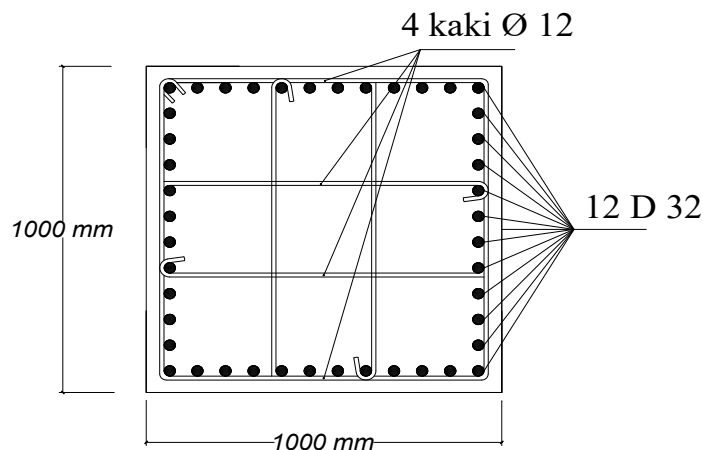
SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.5, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- 6 x diameter tulangan utama = 6 x 32 = 192 mm
- 150 mm

Dipakai sengkang **4 kaki Ø 12 dengan spasi 150 mm**

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{452,2 \times 400 \times 535,5}{150}$$

$$= 645684 \text{ N}$$



**Gambar 4.9 Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kolom**

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \leq 0,66 \times \sqrt{35} \times 1000 \times 1000$$

$$645.684 \text{ N} < 3.904.613 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 [ 645684 + 1174542,3 ]$$

$$= 1365170,1 \text{ N} > V_u = 1379595,7 \text{ N error}$$

Jadi untuk penulangan geser di luar sendi plastis dipasang tulangan geser

**4 kaki Ø 12-150.**

#### 4.2.8 Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3 panjang sambungan lewatan harus dihitung



sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda \sqrt{f_c'}} \times \frac{\Psi_t \Psi_o \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

dimana :  $\Psi_t = 1$        $\Psi_o = 1$        $\Psi_s = 0,8$        $\lambda = 1$

$c$  = selimut beton +  $\emptyset$  sengkang +  $\frac{1}{2}$  D kolom

$$= 40 + 12 + \left[ \frac{1}{2} \cdot 32 \right]$$

$$= 68,0 \text{ mm}$$

$$c = \frac{1000 - 2 \left[ 40 + 12 \right] - 32}{2 \times 4}$$

$$= 108 \text{ mm}$$

diambil  $c = 108 \text{ mm}$  yang menentukan

$$K_{tr} = 0$$

$$\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right) = \frac{108 + 0}{32} = 3,375$$

$$\text{Sehingga : } l_d = \frac{400}{1,1 \times 1\sqrt{35}} \times \frac{1 \times 1 \times 0,8}{3,375} \times 32 = 466,229 \text{ mm}$$

Sesuai Pasal 21.6.3.3, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik.

Mengingat sambungan lewatan ini termasuk kelas B, maka panjangnya

$$\text{harus} = 1,3 l_d = 1,3 \times 466,2 = 606,10 \text{ mm} \approx \mathbf{700 \text{ mm}}.$$

Sedangkan untuk spasi sengkang pada daerah sambungan lewatan, harus

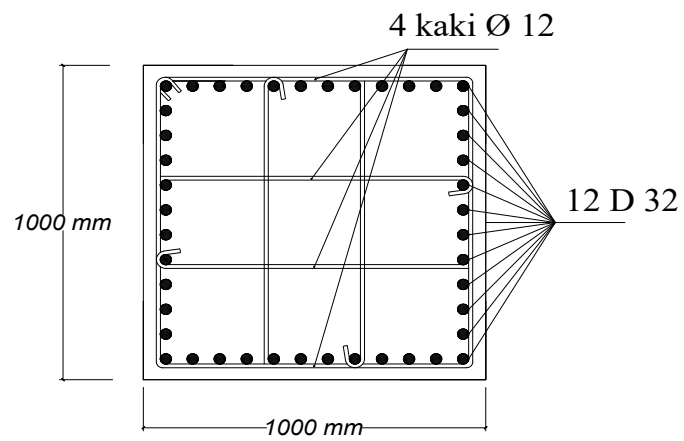
memenuhi syarat-syarat yang terdapat pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.3 yaitu :

$$- \frac{d}{4} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

$$- 100 \text{ mm}$$

Maka digunakan spasi sengkang pada daerah sambungan lewatan sebesar 90 mm

Dari analisa diatas, maka digunakan tulangan sengkang pada daerah sambungan lewatan 4 kaki  $\varnothing 12$  - 90 mm



**Gambar 4.50 Tulangan geser pada daerah Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom**

### 4.3 Persyaratan "Strong Columns Weak Beams"

Sesuai filosofi "*Capacity Design*", maka Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan  $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$ . Nilai  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, konsisten terhadap arah gempa yang ditinjau.

a. Momen pada kolom

$$\begin{aligned}\sum M_{nc} &= \phi M_{n \text{ atas}} + \phi M_{n \text{ desain}} \\ &= 778680700 + 749894400 \\ &= 1528575100 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_{nc} &= \phi M_{n \text{ bawah}} + \phi M_{n \text{ desain}} \\ &= 2177748900 + 749894400 \\ &= 2927643300 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

b. Momen pada balok

$$M_{pr}^{-} = 1586535060,453 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^{+} = 1586535060,453 \text{ Nmm}$$

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$\begin{aligned}\sum M_{nc} &= \frac{1528575100 + 2927643300}{0,65} \\ &= 6855720615 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1,2 \sum M_{nb} &= \frac{1,2 \times (1586535060,453 + 1586535060,453)}{0,9} \\ &= 4230760161,207 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

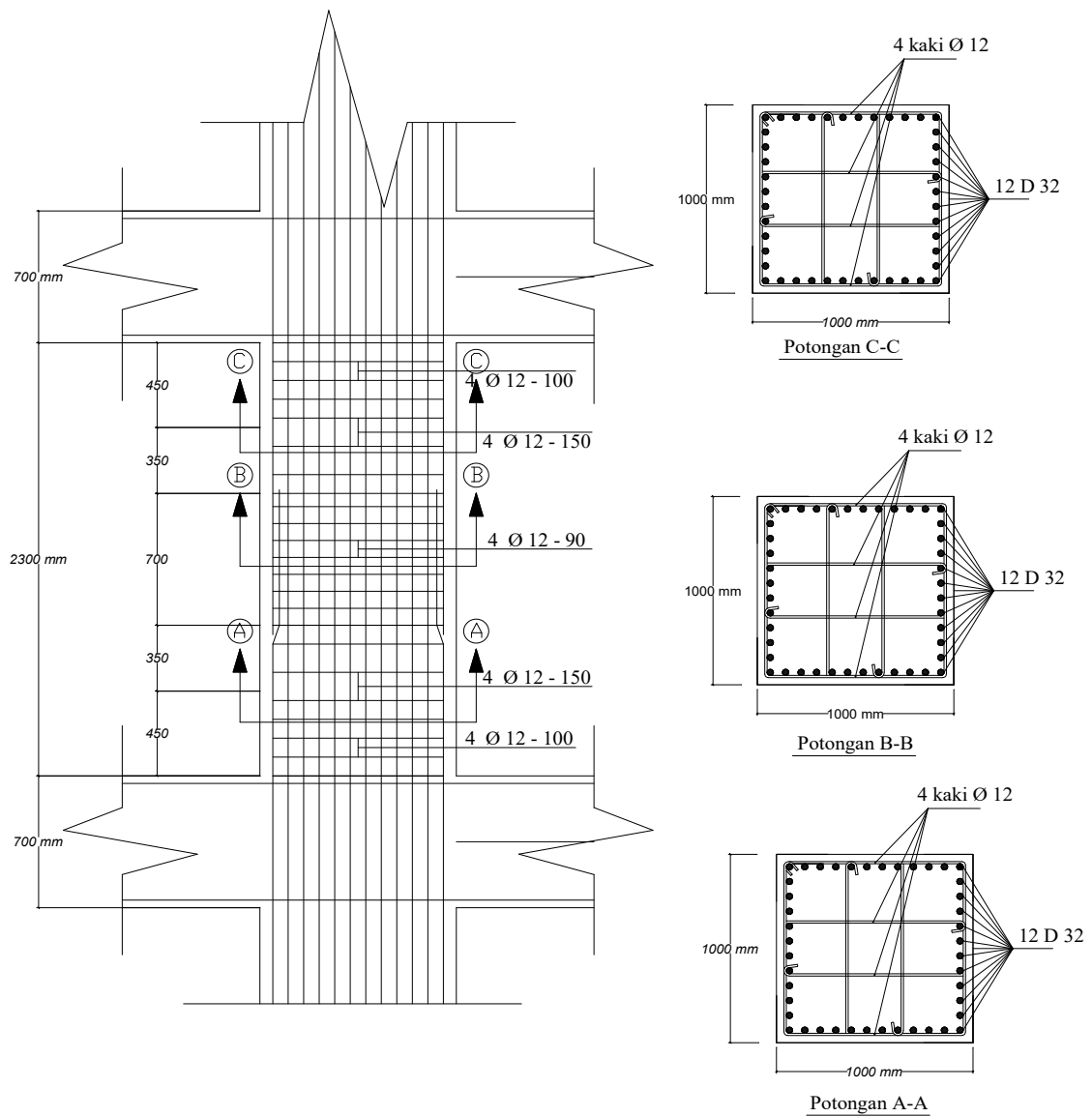
Maka :

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$6.855.720.615 \text{ Nmm} > 4.230.760.161 \text{ Nmm} \text{ .....OK}$$

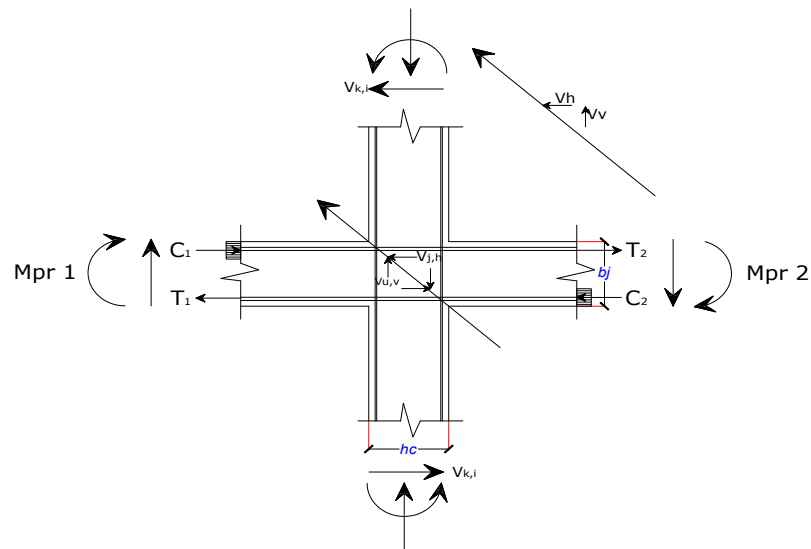
Dari hasil perencanaan balok dan kolom dapat disimpulkan bahwa :

**Persyaratan "Strong Column Weak Beam" telah terpenuhi .....OK**



**Gambar 4.51 Detail Penulangan Longitudinal dan Transversal Kolom C17**

#### 4.4 Perhitungan Pertemuan Balok-Kolom



**Gambar 4.52 Analisa geser dari hubungan balok kolom (Joint 17)**

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 f_c &= 35 \text{ MPa} & Mpr^-, b &= 1586535060,45 \text{ Nmm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} & Mpr^+, b &= 1586535060,45 \text{ Nmm} \\
 h_n, a &= 2300 \text{ mm} \\
 h_n, b &= 2300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang terpasang pada balok :

$$\begin{aligned}
 \text{balok kiri} &= 6 \text{ D } 25 \\
 \text{balok kanan} &= 12 \text{ D } 25
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan kuat geser nominal pada joint :

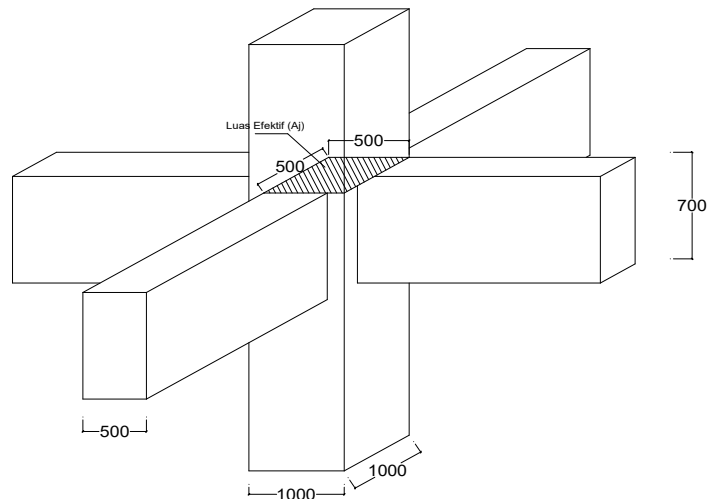
Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned}
 A_{s1} &= 6 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2 \\
 A_{s2} &= 12 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 = 5887,50 \text{ mm}^2 \\
 T &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \\
 T_1 &= 2943,75 \times 1,25 \times 400 = 1471875,0 \text{ N} \\
 T_2 &= 5887,50 \times 1,25 \times 400 = 2943750,0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{M_{pr, \text{ b. kanan}} + M_{pr, \text{ b. kiri}}}{2} \\
 &= \frac{1586535060,453 + 1586535060,453}{2} \\
 &= 1586535060,453 \text{ Nmm} \\
 V_h &= \frac{2 \times M_u}{h_n / 2} \\
 &= \frac{2 \times 1586535060,45}{2300 / 2} \\
 &= 1809191,409 \text{ N} \\
 V_{jh} &= T_1 + T_2 - V_h \\
 &= 1471875,00 + 2943750,00 - 1809191,41 \\
 &= 2606433,59 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser nominal untuk HBK yang terkekang keempat sisinya maka berlaku :

$$V_{jh} < \phi \times 1,7 \times \sqrt{f_c'} \times A_j$$



**Gambar 4.53 Luas efektif ( $A_j$ ) untuk HBK**

Maka :

$$V_{jh} < \phi \times 1,7 \times \sqrt{f_c'} \times A_j$$

$$2606433,59 < 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{35} \times 1000 \times 1000$$

$$2606433,59 \text{ N} < 7543001,72 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- Penulangan geser horisontal

$$N_u = 16531932,70 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{16531932,7}{1000 \times 1000}$$

$$= 16,532 \text{ N/mm}^2 > 0,1 \cdot f_c = 0,1 \times 35 = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

Jadi  $V_{c,h}$  dihitung menurut persamaan

$$\begin{aligned} V_{c,h} &= \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{N_u, k}{A_g} - 0,1 \times f'_c \right)} \times b_j \times h_c \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{16531933}{1000000} - 0,1 \times 35 \right)} \times 1000 \times 908 \\ &= 2406651,219 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 2606433,59 - 2406651,22$$

$$= 199782,37 \text{ N}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y}$$

$$= \frac{199782,37}{400}$$

$$= 499,456 \text{ mm}^2$$

Coba dipasang **7** lapis tulangan sengkang :

$$\text{Maka } A_s \text{ ada} = 7 \times 71,51$$

$$= 500,54 \text{ mm}^2 > A_{j,h} = 499,456 \text{ mm}^2 \dots\dots\text{aman}$$

- Penulangan geser vertikal

$$\begin{aligned}
 V_{j,v} &= \frac{hc}{bj} V_{j,h} \\
 &= \frac{1000}{1000} \times 2606433,59 \\
 &= 2606433,59 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

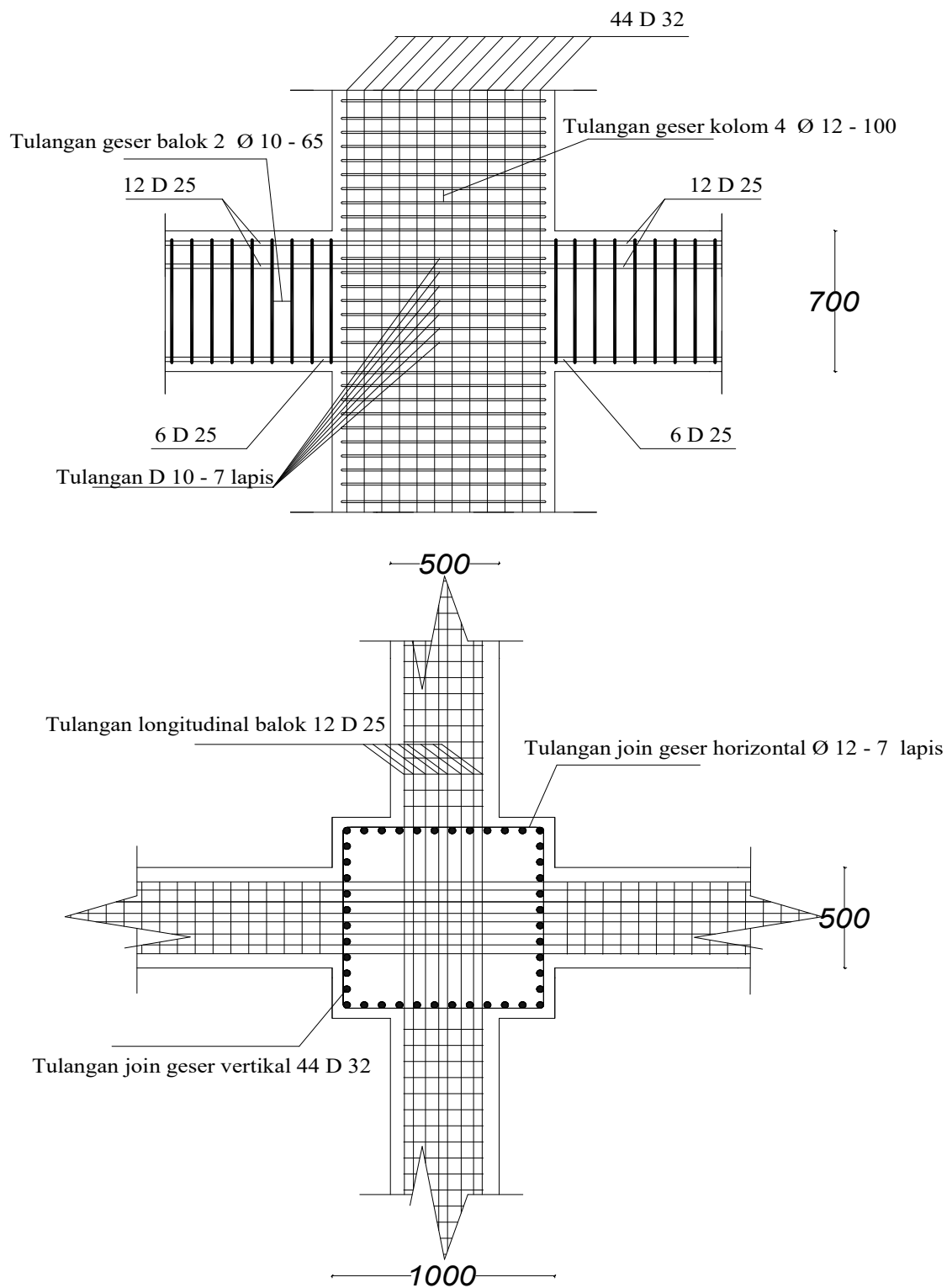
$$\begin{aligned}
 V_{c,v} &= \frac{As' \cdot V_{j,h}}{As} \times \left( 0,6 + \frac{Nu, k}{Ag \cdot fc} \right) \\
 &= \frac{2943,75 \times 2606433,59}{5887,50} \times \left( 0,6 + \frac{16531932,70}{1000000 \times 35} \right) \\
 &= 1397492,72 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s,v} &= V_{j,v} - V_{c,v} \\
 &= 2606433,59 - 1397492,72 \\
 &= 1208940,875 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{j,v} &= \frac{V_{s,v}}{fy} \\
 &= \frac{1208940,875}{400} \\
 &= 3022,352 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan kolom yang terpasang 44 D 32, dimana luas tulangan ( $As$  ada =  $35369 \text{ mm}^2$ )  $> 3022,35 \text{ mm}^2$ . Maka tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan kolom yang terpasang.

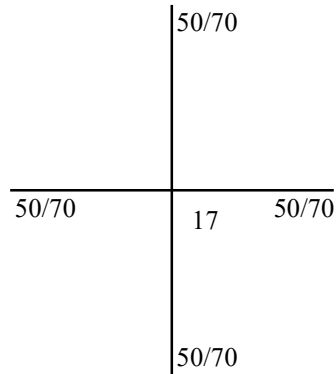




**Gambar 4.54 Penulangan Hubungan Balok Kolom (*Joint 17*)**

#### 4.5 Perhitungan Pendetailan Tulangan

Perhitungan pendetailan joint 17



- Pendetailan Tulangan Tumpuan Tarik (atas)

- Untuk pemberhentian tulangan tumpu tarik ke dalam balok adalah sejauh

$$\frac{1}{4} \times L_n = \frac{1}{4} \times 6200 = 1550 \text{ mm dari muka kolom.}$$

Ditambah dengan penjangkaran yang diperlukan untuk penjangkaran sejauh :

$$12 d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{16} l_n = \frac{1}{16} \times 6200 = 387,50 \text{ mm}$$

$$d = 637,5 \text{ mm}$$

Dipakai perpanjangan 637,5 mm

$$\text{Total panjang yang diperlukan} = 1550 + 637,5 = 2187,5 \text{ mm}$$

Modifikasi yang digunakan :

- › Batang tulangan baja paling atas dengan elevasi antara tulangan tersebut dengan lapisan beton terbawah tidak kurang dari 300 mm.

$$700 - 40 - 10 - (0,5 \times 25) = 639,0 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- ›  $L_d$  yang dibutuhkan adalah :

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot A_s \cdot f_y}{\sqrt{f_c'}} = \frac{0,02 \times (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25) \times 390}{\sqrt{35}} = 664,050 \text{ mm}$$

$$L_{db} = 0,06 \times 25 \times 400 = 600,0 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{db} = 664,050 \text{ mm}$$

Dipakai faktor 1,4

$$\text{Maka } L_d = 664,050 \times 1,4$$

$$= 929,7 \text{ mm ditambah perpanjangan } 637,5 \text{ mm.}$$

$$L_d = 929,7 + 637,5$$

$$= 1567,17 \text{ mm} < 2188 \text{ mm}$$

Jadi dipakai panjang penyaluran  $L_d = 2188 \text{ mm} \approx 2190 \text{ mm}$

- Penjangkaran masuk ke dalam kolom

- Pendetailan tulangan tumpuan tekan balok (SNI 2847-2013 Pasal 12.3.2)

Untuk tulangan tumpuan tekan, panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom adalah :

$$L_{db} = \frac{db \cdot f_y}{4 \sqrt{f_c'}} = \frac{25 \times 400}{4 \times \sqrt{35}} = 422,58 \text{ mm}$$

Panjang  $L_{db}$  tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 0,04 \times 25 \times 400 = 400,00 \text{ mm}$$

$$L_{db} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{db} = 422,58 \text{ mm} \approx 430 \text{ mm}$$

- Pendetailan tulangan tumpuan tarik balok (SNI 2847-2013 Pasal 12.5.2)

$$L_{hb} = \frac{100 \cdot db}{\sqrt{f_c'}} = \frac{100 \times 25}{\sqrt{35}} = 422,577 \text{ mm}$$

Tidak kurang dari :

$$8 \text{ db} = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$L_{dh} = 422,58 \text{ mm} > 8 \text{ db} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{dh} = 422,58 \text{ mm} \approx 430 \text{ mm}$$

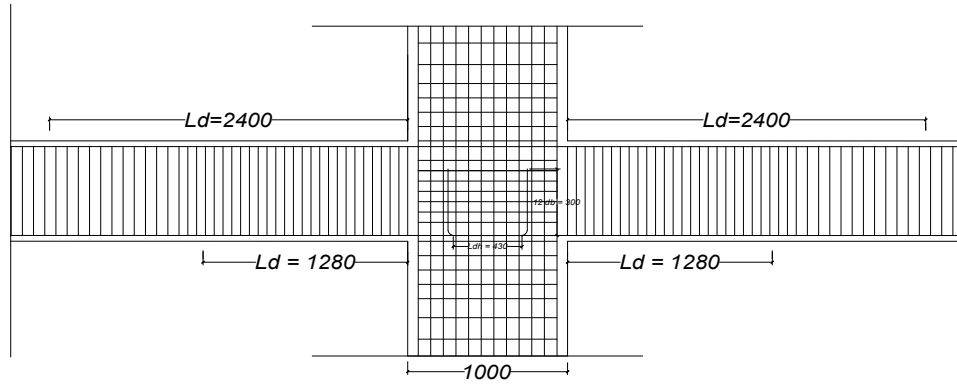
Dipilih pembengkokan  $90^\circ$  dengan panjang pembengkokan 12 db

$$= 12 \times 25 = 300 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

- Pemutusan tulangan tumpuan tekan

Untuk pemberhentian tulangan tumpuan tekan adalah sejauh

$$\frac{1}{5} l_n = \frac{1}{5} \times 6200 = 1240 \text{ mm dari muka kolom.}$$



**Gambar 4.55 Pendetailan Tulangan Joint 17**

## BAB 5

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur gedung Salak Tower Hotel dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013 menggunakan program ETABS, dan komponen struktur yang di desain pada balok dengan nomor batang B 145 dan Kolom dengan nomor batang C17, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur direncanakan sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dengan nilai  $R = 8$  ;  $\Omega = 3$  ; dan  $C_d = 5,5$ .
2. Pada Balok B145 dengan dimensi 50/70 diperoleh :
  - Tulangan Tumpuan Kiri : Tarik – 12 D 25 , Tekan – 6 D 25
  - Tulangan Lapangan : Tekan – 3 D 25 , Tarik – 6 D 25
  - Tulangan Tumpuan Kanan : Tarik – 12 D 25 , Tekan – 6 D 25Tulangan Geser
  - Joint Kiri
    - Daerah Sendi Plastis : Ø 10 – 65 ( 3 kaki )
    - Daerah Luar Sendi Plastis : Ø 10 – 90 ( 3 kaki )
  - Joint Kanan
    - Daerah Sendi Plastis : Ø 10 – 65 ( 3 kaki )
    - Daerah Luar Sendi Plastis : Ø 10 – 90 ( 3 kaki )
- Pada Kolom C15 dengan dimensi 100/100 dan jumlah tulangan 44 D 32, diperoleh tulangan geser :
  - Daerah Sendi Plastis : Ø 12 – 100 ( 4 kaki )
  - Daerah Sambungan Lewatan : Ø 12 – 90 ( 4 kaki )
  - Daerah Luar Sendi Plastis : Ø 12 – 150 ( 4 kaki )

- Pada perencanaan desain kapasitas, kolom telah memenuhi konsep ' *Strong Column Weak Beam*'. Pada joint 17 sebagai berikut :

$$6.855.720.615 \text{ Nmm} > 1.586.535.060 \text{ Nmm} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- Pada hubungan balok - kolom dipasang pengekang horisontal 9 Ø 12 ( kaki ) dan untuk pengekang vertikal menggunakan tulangan logitudinal kolom.

## 5.2 Saran

*Menyadari bahwa penulis masih jauh dari kata sempurna, kedepannya penulis akan lebih fokus dan details dalam menjelaskan tentang Skripsi di atas dengan sumber - sumber yang lebih banyak yang tentunya dapat di pertanggung jawabkan*

## Daftar Pustaka

Badan Standarisasi Nasional, "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*", SNI 1726-2012.

Badan Standarisasi Nasional, "*Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*", SNI 2847-2013.

Badan Standarisasi Nasional, "*Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*", SNI 1727-2013.

Purwono, Rachmat, (2005), "*Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*". Edisi Kedua, ITS, Surabaya.

Departemen Pekerjaan Umum, "*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1980*". Yayasan LPMB Bandung.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1726-2013*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung SNI 1727-2013*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Pusat Penelitian dan Perkembangan Pemukiman, Peta Zonasi Gempa Indonesia

LAMPIRAN



## LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya khaturkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada:

**Tuhan YME**, karena hanya atas izin dan karuniaNya maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai pada waktunya. Puji syukur yang tak terhingga pada Tuhan penguasa alam yang meridhoi dan mengabulkan segala do'a.

**Bapak dan Ibu**, saya, yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusuk selain do'a yang terucap dari orang tua. Ucapan terimakasih saja takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan orang tua, karena itu terimalah persembaha bakti dan cinta ku untuk kalian bapak ibuku.

**Bapak dan Ibu Dosen**, pembimbing, penguji dan pengajar, yang selama ini telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran yang tiada ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik. Terimakasih banyak Bapak dan Ibu dosen, jasa kalian akan selalu terpatrit di hati.

**Saudara saya**, (Kakak dan Adik), yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, senyum dan do'anya untuk keberhasilan ini, cinta kalian adalah memberikan kobaran semangat yang menggebu, terimakasih dan sayang ku untuk kalian.

**Sahabat dan Teman**, Tersayang, tanpa semangat, dukungan dan bantuan kalian semua tak kan mungkin aku sampai disini, terimakasih untuk canda tawa, tangis, dan perjuangan yang kita lewati bersama dan terimakasih untuk kenangan manis yang telah mengukir selama ini. Dengan perjuangan dan kebersamaan kita pasti bisa! Semangat!!

Terimakasih yang sebesar-besarnya untuk kalian semua, akhir kata saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua, orang-orang yang saya sayangi. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang, Aamiinnn.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor

Di Gambar Oleh

Dwi Phalupy  
NIM : 1221132

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Kode Gambar

No. Lir

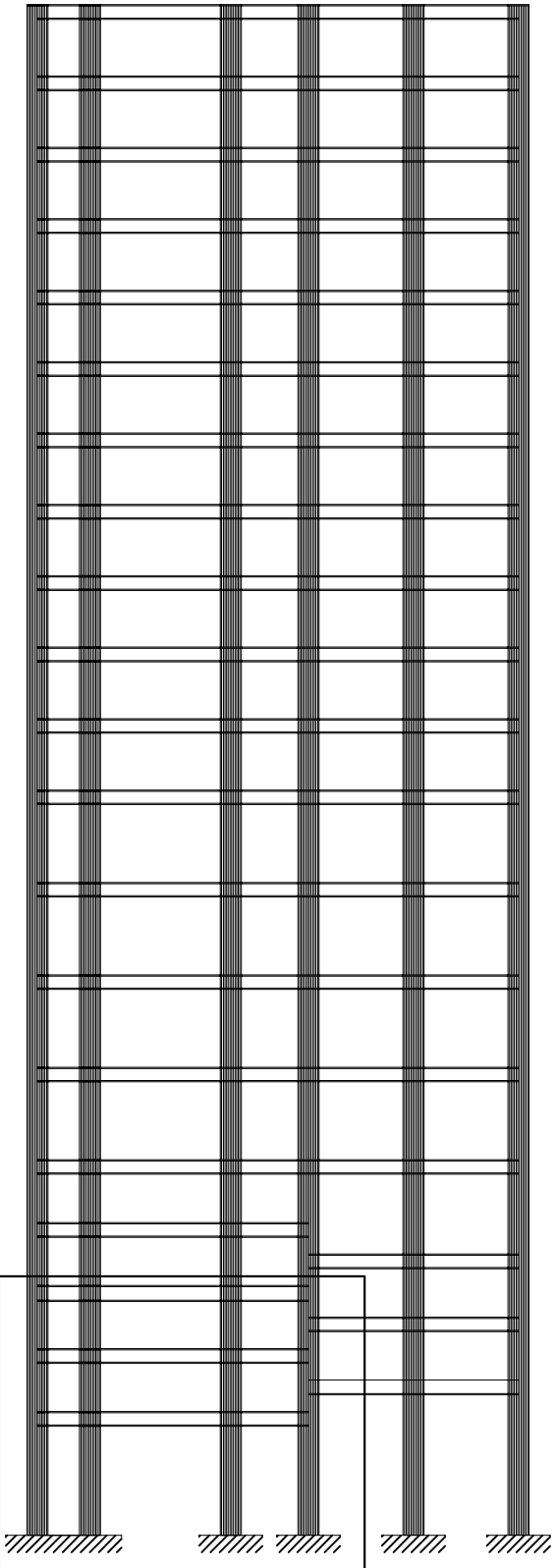
Juml. Lembar



## Keyplan Portal

Skala 1 : 500

Di ambil contoh pada portal





**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAN  
MALANG**

---

**Mata Kuliah**

**SKRIPSI**

Judul

**Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Salak Tower Hotel Kota  
Bogor**

**Di Gambar Oleh**

**Dwi Phalupy**  
**NIM : 1221132**

Catatan

Catalan	
---------	--

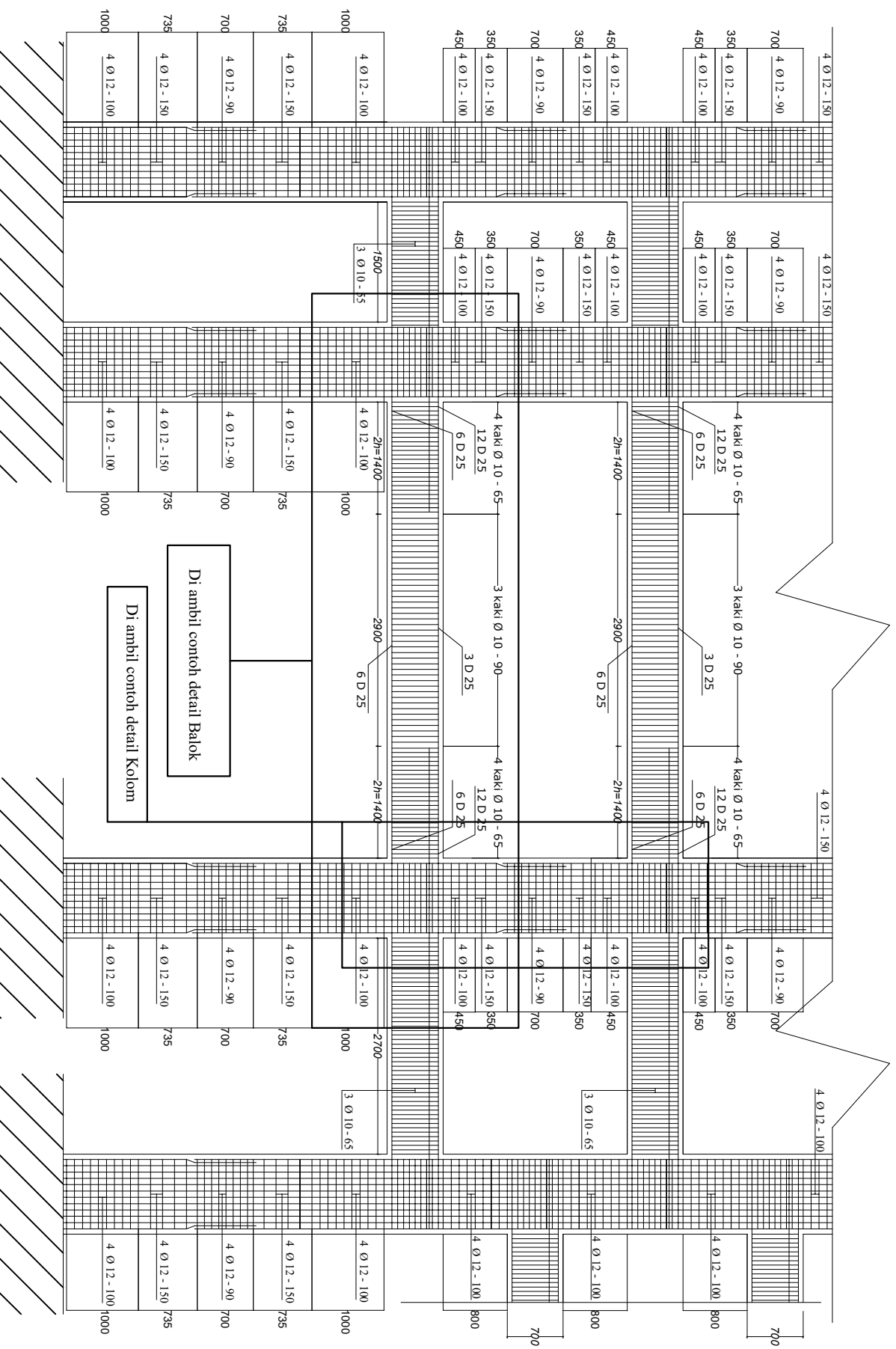
### Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing	
------------------	--

Judul Gambar	Skala

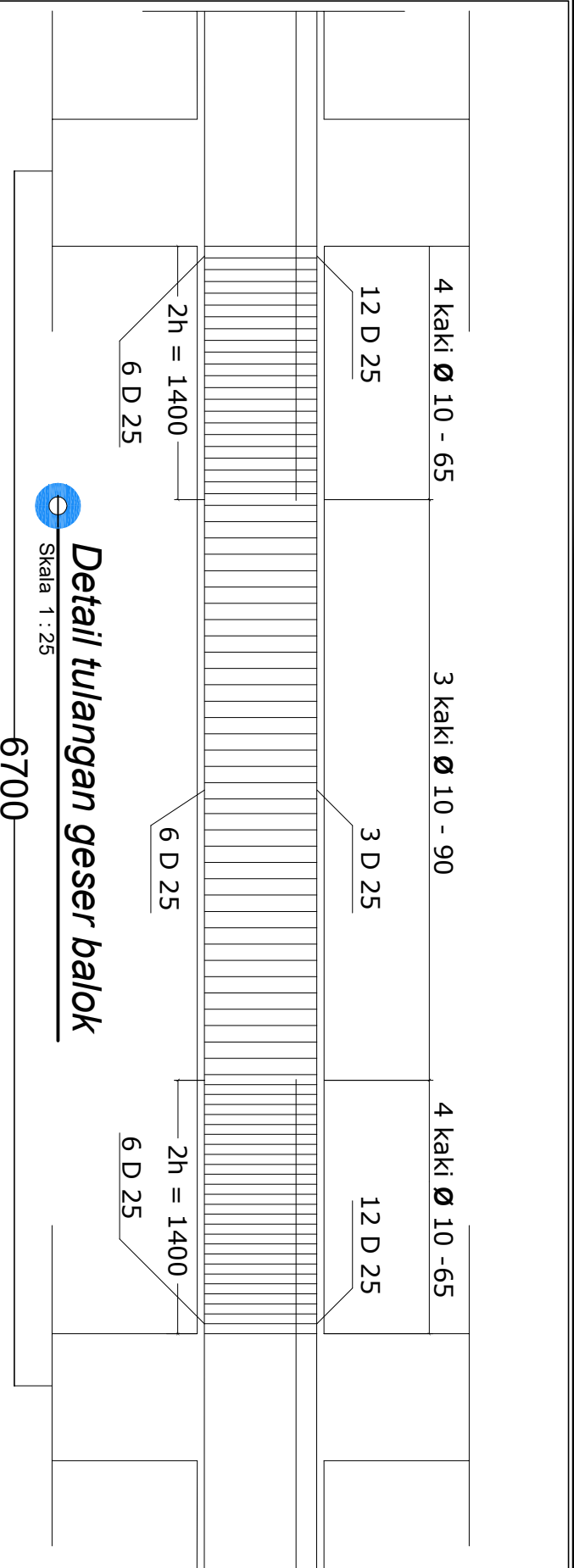
<i>Detail Portal</i>	<i>1:50</i>
----------------------	-------------

Kode Gambar	No. Lbr	Juml. Lembar
-------------	---------	--------------



## Detail Portal

Skala 1 : 50



Detail tulangan geser balok

Skala 1 : 25

6700

## DETAIL DAN TABEL PENULANGAN BALOK T

TYPE	SENDI PLASTIS KIRI	LUAR SENDI PLASTIS	SENDI PLASTIS KANAN
DETAIL BALOK T			
DIMENSI	500 x 700	500 x 700	500 x 700
TUL. TARIK	12 D 25	6 D 25	12 D 25
TUL. TEKAN	6 D 25	3 D 25	6 D 25
SENGKANG	4 kaki Ø 10 - 65	3 kaki Ø 10 - 90	4 kaki Ø 10 - 65
TUL. TORSI	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor

Di Gambar Oleh

Dwi Phalupy  
NIM : 1221132

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Detail Tulangan  
geser balok

Skala

1:25

Kode Gambar

No. Lir

Jumlah Lembar



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Sialik Tower Hotel Kota  
Bogor

Di Gambar Oleh

Dwi Phalupy  
NIM : 1221132

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Detail Tulangan  
geser kolom 1:25

Kode Gambar No. Lir Juml. Lembar

4 kaki  $\varnothing 12$

12 D 32

Potongan C-C

4 Kaki  $\varnothing 12$

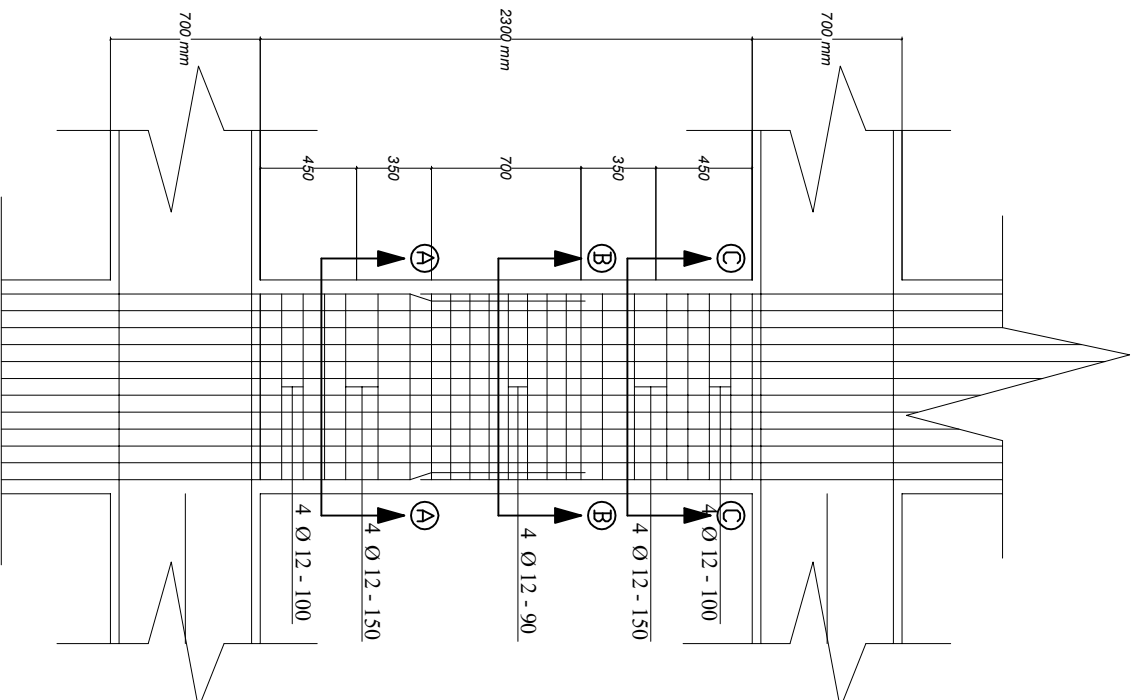
12 D 32

Potongan B-B

4 kaki  $\varnothing 12$

12 D 32

Potongan A-A



## Detail tulangan geser Kolom

Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

*Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor*

Di Gambar Oleh

*Dwi Phalupy  
NIM : 1221132*

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Kode Gambar No. Lir Juml. Lembar

44 D 32

Tulangan geser balok 2 Ø 10 - 65

12 D 25

Tulangan geser kolom 4 Ø 12 - 100

12 D 25

700

6 D 25

6 D 25

Tulangan D 10 - 7 lapis

500

Tulangan longitudinal balok 12 D 25

Tulangan join geser horizontal Ø 12 - 7 lapis

500

Tulangan join geser vertikal 44 D 32

1000



Skala 1 : 25

# Detail Hubungan Balok Kolom



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

*Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor*

Di Gambar Oleh

*Dwi Phalupy  
NIM : 1221132*

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

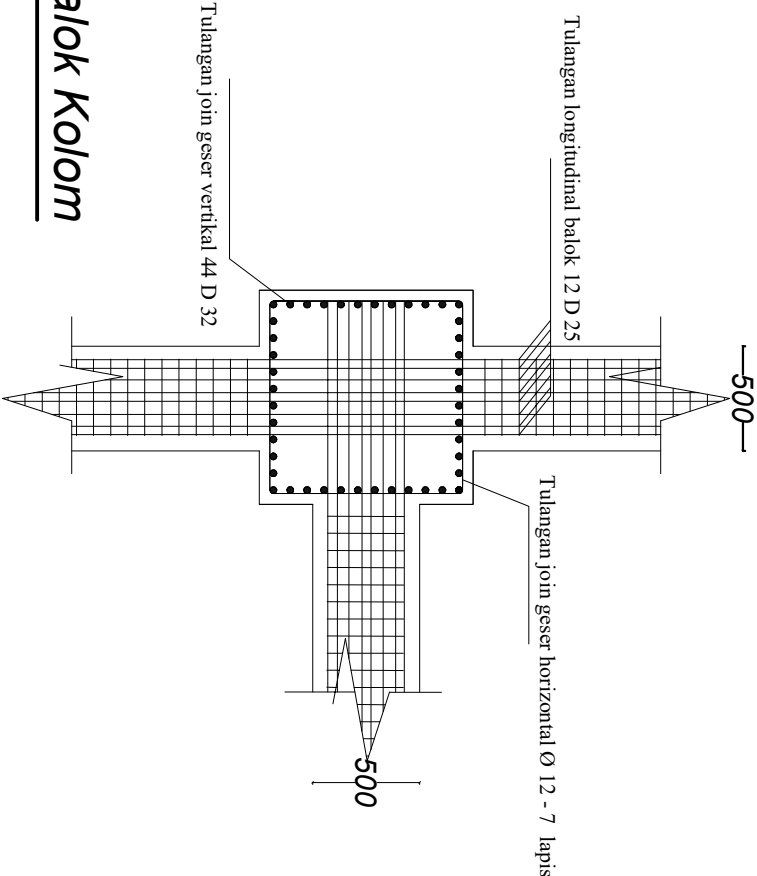
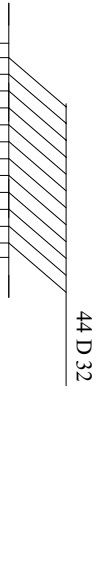
Judul Gambar

Skala

Kode Gambar

No. Lir

Juml. Lembar



# Detail Hubungan Balok Kolom

Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor

Di Gambar Oleh

Dwi Phalupy  
NIM : 1221132

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Kode Gambar

No. Lir

Juml. Lembar

44 D 32

Tulangan geser balok 2 Ø 10 - 65

12 D 25

700

6 D 25

Tulangan D 10 - 7 lapis

Tulangan geser kolom 4 Ø 12 - 100

500

Tulangan longitudinal balok 12 D 25

Tulangan join geser horizontal Ø 12 - 7 lapis

500

Tulangan join geser vertikal 44 D 32

1000



Skala 1 : 25

# Detail Hubungan Balok Kolom





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

*Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor*

Di Gambar Oleh

*Dwi Phalupy  
NIM : 1221132*

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Kode Gambar

No. Lir

Juml. Lembar

Tulangan geser balok 2 Ø 10 - 65

12 D 25

12 D 25

700

6 D 25

6 D 25

Tulangan D 10 - 7 lapis

Tulangan geser kolom 4 Ø 12 - 100

500

44 D 32

Tulangan longitudinal balok 12 D 25

Tulangan join geser horizontal Ø 12 - 7 lapis

500

Tulangan join geser vertikal 44 D 32

1000

# Detail Hubungan Balok Kolom

Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor

Di Gambar Oleh

Dwi Phalupy  
NIM : 1221132

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Kode Gambar

No. Lir

Juml. Lembar

Tulangan geser balok 2 Ø 10 - 65

12 D 25

700

6 D 25

Tulangan D 10 - 7 lapis

Tulangan geser kolom 4 Ø 12 - 100

500

44 D 32

Tulangan longitudinal balok 12 D 25

Tulangan join geser horizontal Ø 12 - 7 lapis

Tulangan join geser vertikal 44 D 32

1000



Skala 1 : 25

# Detail Hubungan Balok Kolom



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

*Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor*

Di Gambar Oleh

*Dwi Phalupy  
NIM : 1221132*

Catatan

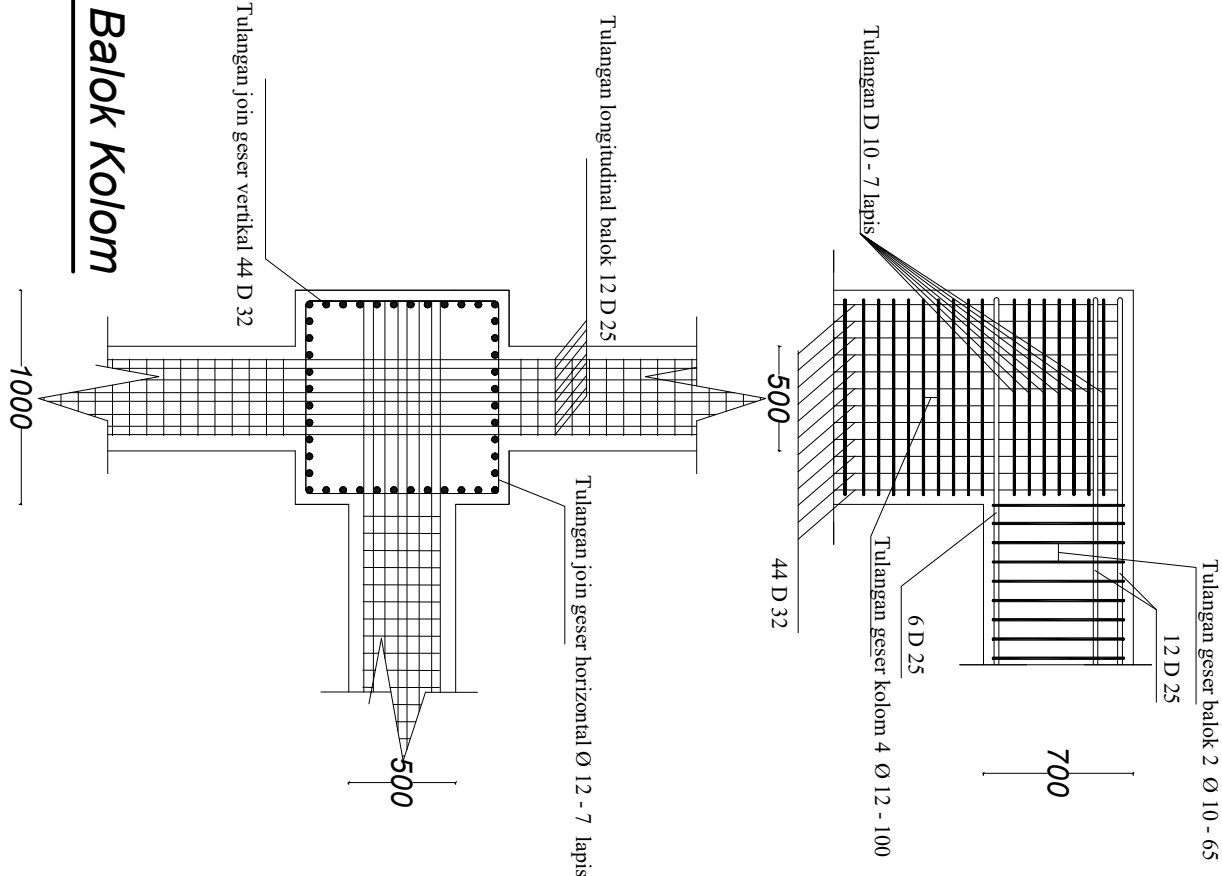
Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Kode Gambar      No. Lir      Juml. Lembar



**Detail Hubungan Balok Kolom**

Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor

Di Gambar Oleh

Dwi Phalupy  
NIM : 1221132

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Kode Gambar

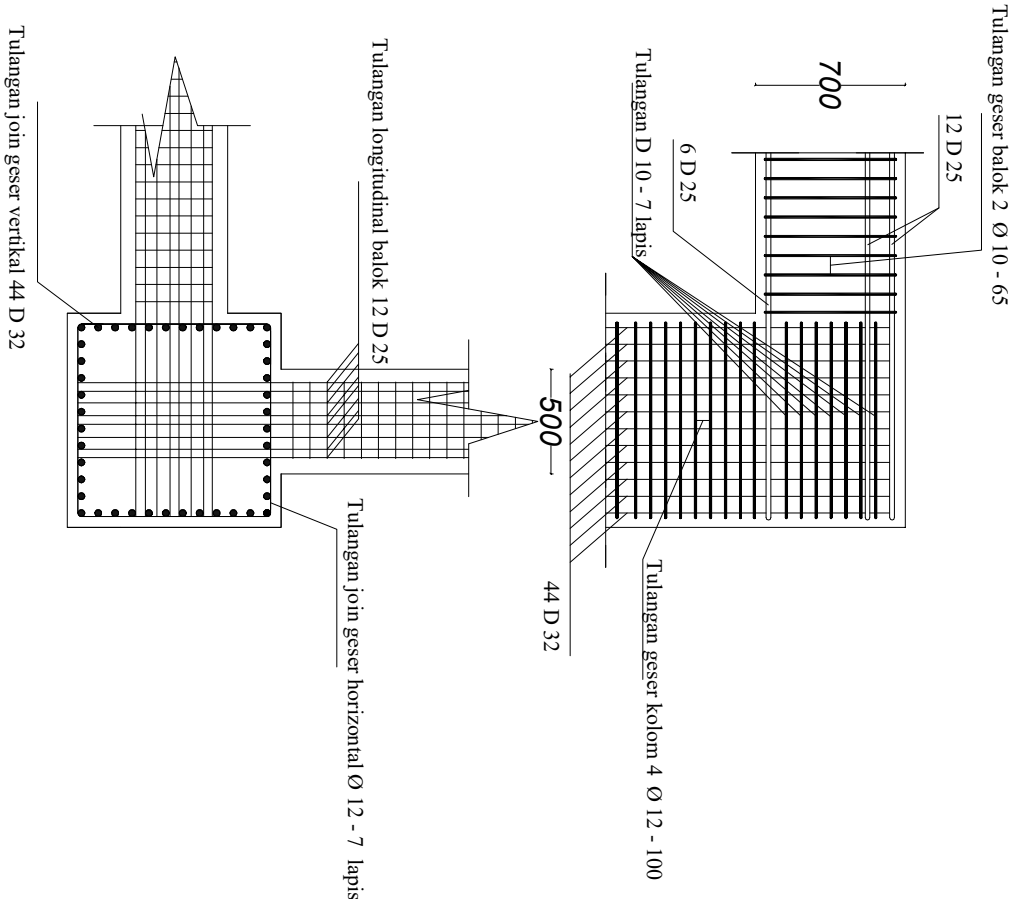
No. Lir

Juml. Lembar



Skala 1 : 25

# Detail Hubungan Balok Kolom





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

Mata Kuliah

SKRIPSI

Judul

*Studi Perencanaan Struktur Portal  
Dengan Sistem Rangka Penikul  
Momen Khusus Pada Pembangunan  
Gedung Satek Tower Hotel Kota  
Bogor*

Di Gambar Oleh

*Dwi Phalupy  
NIM : 1221132*

Catatan

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Judul Gambar

Skala

Kode Gambar

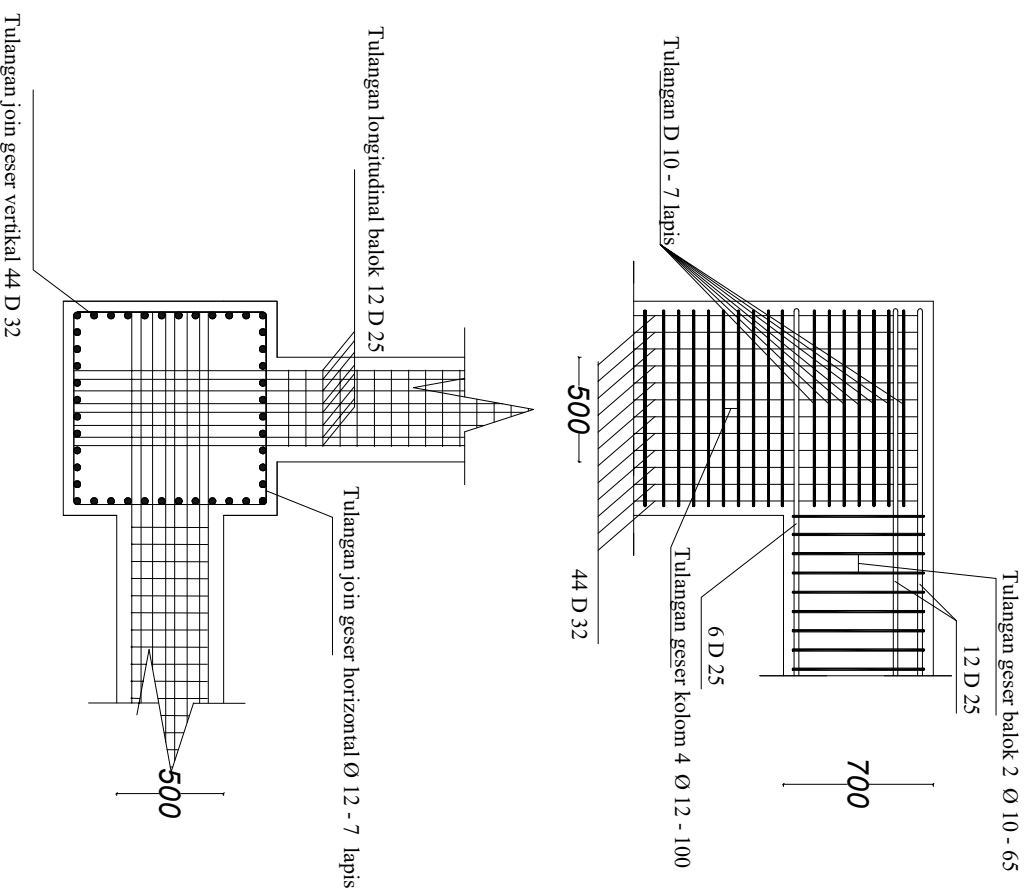
No. Lir

Juml. Lembar



Skala 1 : 25

## Detail Hubungan Balok Kolom





## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG SALAK TOWER HOTEL KOTA BOGOR

#### SKRIPSI

*Dipertahankan Dihadapan Dewan Majelis Penguji Sidang Skripsi*

*Jenjang Strata Satu (S-1)*

*Pada hari : Rabu*

*Tanggal : 24 Agustus 2016*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan*

*Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun oleh:**

**DWI PHALUPY**

**NIM. 12.21.132**

**Disahkan oleh:**

**Panitia Ujian,**

**Ketua**

**Sekretaris**

**( Ir. A. Agus Santosa, MT )**

**( Ir. Munasih, MT )**

**Anggota Penguji,**

**Penguji I**

**Penguji II**

**( Ir. Sudirman Indra, M.Sc )**

**( Ir. Bambang Wedyantadji, MT )**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**



## LEMBAR PERSETUJUAN

### STUDI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG SALAK TOWER HOTEL KOTA BOGOR

#### SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)

*Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun oleh:

**Dwi Phalupy**

**NIM. 12.21.132**

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

( Ir. A. Agus Santosa, MT )

( Ir. Ester Priskasari, MT )

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



( Ir. A. Agus Santosa, MT )

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**